T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

MAKİNE TEKNOLOJİSİ

ÜÇ VE BEŞ EKSEN CAM FREZELEME

Ankara, 2019

- Bu bireysel öğrenme materyali, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 2
1. CAM FREZELEME İÇİN AYARLAR 2
1.1. Üç Boyutlu Parça Çizimi veya Hazır Parça Dosyasının Açılması 3
1.2. CAM Modülüne Geçiş 3
1.3. Setup Dosyası Oluşturma 4
1.3.1. Tezgâh seçimi ve ayarlarının yapılması 5
1.3.2. İşleme Yönteminin seçilmesi 6
1.3.3. İş parçası sıfır noktası tanımlama 6
1.3.4. Model seçimi 9
1.3.5. Fixture seçimi 9
1.4. Stock Seçimi 10
1.5. Post Process (NC kod oluşturma ayarları) 12
1.6. Kesici Tanımlama 12
1.6.1. Kesici arama yöntemleri 13
1.6.2 Kesici Türleri 15
1.6.3. Kesici geometrisinin düzenlenmesi 15
1.6.4. Yeni kesici eklenmesi 16
1.6.5. Tutucu seçimi 17
UYGULAMA FAALİYETİ 18
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 22
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 24
2. ÜÇ EKSEN CAM FREZELEME YÖNTEMLERİ 24
2.1. Üç eksen CAM komut pencere yapısı ve komut terimleri 25
2.1.1. Kesici takım seçimi ve kesme paremetrelerini tanımlama menüsü 26
2.1.2 İş parçası üzerinde işlem bölgelerini tanımlama menüsü 28
2.1.3 Kesme yüksekliklerini tanımlama menüsü 29
2.1.4 Kesme değerlerini tanımlama menüsü 30
2.1.5 Kesici takımın parçaya giriş, çıkış mesafelerini ve takımyolu bağlantı değerlerini tanımlama menüsü 31
2.2. Adaptive Clearing 32
2.2.1. Kesici takım seçimi ve kesme parametrelerini tanımlama menüsü ve açıklamaları 34
2.2.2. İş parçası üzerinde işlem bölgele sınırlarının seçimi menüsü ve açıklamaları 36
2.2.3 Kesme yüksekliklerini tanımlama sekmesi ve açıklamaları 43
2.2.4. Kesme değerlerini tanımlama menüsü ve açıklamaları 45
2.2.5. Kesici takımın parçaya giriş, çıkış mesafelerini ve takımyolu bağlantı değerlerini tanımlama menüsü ve açıklamaları 55
2.3. Takım Yolu Benzetimi 62
2.3.1. Takımyolu benzetimi (Simulate) komutu ve alt menülerinin açıklanması 64
2.4. Post Processing NC-Code (G kodları oluşturma) 68
2.5. Setup Sheet (NC rapor çıktısı alma) 69
2.6. Pocket Clearing 72
2.6.1. Pocket Clearing komutu Passes kısmında tanımlanması gereken farklılıklar 72
2.6.2. Pocket Clearing komutu Linking kısmında tanımlanması gereken farklılıklar 74
2.6.3. Ramp 76
2.7. PARALLEL 79

2.7.1. Parallel komutu geometry tanımlama seçenekleri ve açıklamaları 80
2.7.2 Parallel komutu Passes seçeneği ve açıklamaları 83
2.7.3. Parallel komutu Linking seçeneği ve açıklamaları 88
2.8. Contour 89
2.8.1. Contour komutu Passes seçeneği ve açıklamaları 89
2.8.2. Contour komutu Linking seçeneği ve açıklamaları 92
2.9. Ramp 94
2.10. Horizontal 95
2.11. Pencil 97
2.11.1. Pencil komutu Passes seçeneği ve açıklamaları 97
2.12. Scallop 99
2.13. Spiral 101
2.14. Radial 103
2.15. Morphed Spiral 105
2.16. Project 106
2.17. Morph 108
UYGULAMA FAALİYETİ 112
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 128
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 130
3. BEŞ EKSEN CAM FREZELEME YÖNTEMLERİ 130
3.1. Konumlamalı beş eksen işleme yöntemleri 132
3.1.1. Kesici takımın pozisyon konumlaması 132
3.2. Dört eksen sarmal (Wrap) işleme 135
3.3. Beş eksen simultane işleme 138
3.3.1. Swarf 138
3.3.2. Multi – Axis Contour 146
3.3.3. Flow 150
UYGULAMA FAALİYETİ 155
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 185
CEVAP ANAHTARLARI 187
KAYNAKÇA 188

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Makine Teknolojisi/Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Bilgisayarlı Makine İmalatı**
MODÜLÜN ADI	**3 ve 5 Eksen CAM Frezeleme**
MODÜLÜN TANIMI	CAM programlarını kullanarak çizilen parçaların takım yollarının oluşturularak freze tezgâhında daha hızlı ve verimli bir şekilde üretilebilmesini sağlamak için gerekli öğrenim materyalidir.
SÜRE	40/16
ÖN KOŞUL	10 Sınıf alan ortak modüllerini, CAM Programında İki Boyutlu Çizim, CAM Programında Üç Boyutlu Çizim, 2 Eksende CAM Tornalama, C Eksende CAM Tornalama ve 2 ½ Eksende CAM Frezeleme modüllerini almış olmak.
YETERLİK	CAM Frezeleme Yapmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Gerekli ortam sağlandığında bu modül ile öğrenci; CAD/CAM programlarını kullanarak işleme parametrelerini oluşturabilecek ve CNC freze tezgahlarına dosya aktararak parça imalatı yapabilecektir. **Amaçlar** **1.** CAD/CAM programlarını kullanarak operasyonlara göre 3 eksende kesici yolları oluşturarak, işleme ayarları ve simülasyon yapabilecektir. **2.** CAD/CAM programlarını kullanarak operasyonlara göre 4 ve 5 eksende kesici yolları oluşturarak, işleme ayarları ve simülasyon yapabilecektir. **3.** CAD/CAM programlarını kullanarak imalat kodlarını çıkarıp CNC freze tezgahına gönderebilecektir.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Bilgisayar laboratuarı **Donanım:** CAD/CAM programı, projeksiyon, tepegöz, örnek modeller, çeşitli ölçme ve kontrol aletleri.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Gelişmiş toplumların temelini sanayileşme oluşturmaktadır. Teknolojinin son hızla ilerlemesi ile beraber sanayileşmede ilerlemektedir. Bugün ve gelecekte sanayileşmiş ve modernleşmiş toplumlar içerisinde kendi ülkemizde görebilmek için teknoloji yakından takip edilmeli ve sanayileşmeye yönelik çalışmalar arttırılmalıdır.

Ülkemizde makine alanındaki sanayileşmeye yönelik gelişmelerin temelini CNC ve CAD/CAM sistemlerinin oluşturduğunu söyleyebiliriz. CNC tezgâhlar üniversal tezgâhlarla işlenmesi zor ve karmaşık olan parçaları işlemekte böylece üretim süresini kısaltmakta, hassasiyeti ve kaliteyi artırarak teknolojik gelişmelere katkıda bulunmaktadır.

CAM programları ise; CNC tezgâhlarda programlanamayan karmaşık şekilli parçaları işleyebilmek ve takım yollarını oluşturabilmek için kullanılmaya başlanmıştır. CAM programları; üretimde hata riskini azaltarak, daha hızlı üretim yapmayı ve daha kaliteli ürünler elde etmeyi olanak sağlar.

Bilgisayar destekli imalat programı şu anda birçok işletme tarafından kullanılmaktadır. İşletmelerin taleplerine göre bu işin özellikleri sürekli geliştirilmekte ve kullanım alanları artmaktadır. Hızla ilerleyen ekonomik gelişmeler ve endüstriyel ilişkiler, iş dünyasında uzman personel istihdamını etkin hale getirmiştir. İşletmeler her seviyede eğitilmiş personele ihtiyaç duymaktadır. Üretim sektöründe de sadece CNC tezgâhlarının ve CAD/CAM sistemlerinin olması yeterli değildir. Bu sistemleri verimli kullanacak kalifiye elemana olan ihtiyaç en az bu sistemler kadar önemlidir.

Modülün amacı, CNC freze tezgâhlarını daha verimli çalıştırabilmek için CAM programlarını kullanarak programlamayı öğretmektir. Bu modülün sonunda, CAM programı ile CNC üç, dört ve beş eksen freze tezgâhlarında üretilecek parçaların takım yollarını oluşturabilecek ve işleme ayarlarını yapabileceksiniz. G kodlarını yani CNC programlama kodlarını çıkartıp, benzetim (simülasyon) yapabileceksiniz ve parça işleme yeterliklerine sahip olacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

ÖĞRENME KAZANIMI

Gerekli ortam sağlandığında bu modül ile öğrenci; CAD/CAM programlarını kullanarak işleme parametrelerini oluşturabilecek ve CNC freze tezgahlarına dosya aktararak parça imalatı yapabilecektir.

ARAŞTIRMA

- Herhangi bir CAD/CAM programında 3, 4 ve 5 eksen freze tezgâhlarında takım yollarını çıkarmaya uygun parçalar çiziniz.
- 3, 4 ve 5 CNC freze tezgâhlarında programlama mantığı hakkında bilgi toplayınız.
- Bölgenizde bulunan sanayi kuruluşlarında kullanılan CNC tezgâhlarını ve CAM yazılımlarını araştırınız.

Bu modülün hazırlanmasında Fusion 360 yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım tüm öğrenciler öğretmenler ve eğitim kurumları için ücretsizdir ve lisansı aşağıdaki linkte yer alan adımlar izlenerek ücretsiz temin edilebilir: http://www.tasarimveteknik.com/fusion360-kurulumu/

1. CAM FREZELEME İÇİN AYARLAR

Basit ve karmaşık geometrilere sahip iş parçalarının işlenmesinde X, Y ve Z eksenlerinin aynı anda kontrol edilmesi gerektiğinde kullanılabilen işleme yöntemine 3 eksen işleme olarak tanımlanabilir. 3 eksen işleme yapabilmek için işlenecek parçalar üç boyutlu olarak çizilmelidir.

CNC Freze tezgâhına üç eksen takım yollarını oluşturmak için işlem sırası şöyledir;

- Önce işlenecek parçanın şekli 3 boyutlu olarak çizilir.
- Parçayı işlemek için önce **Manufacture** (CAM) modülene geçilmelidir.
- **Setup** sekmesi tıklanarak **New Setup** seçilir. Burada makine tipi olarak **Mill** (Freze) seçilir. Bu kısımda parçanın;
  - **Stock Setup** (Ham parça) tanımlaması yapılır.
  - **Toolpath** dan (Takım yolları) operasyon tipi seçilir.
  - **Work Coordinate System** yani iş parçası Sıfır noktası tanımlanır.
  - **Fixture** (Bağlama elemanları)varsa seçimi yapılır.
  - **Post process** (Takım yolu ayarları) yapılır.
- Parçanın şekline uygun işleme stratejisi seçilir.(2D, 3D veya DRILLING gibi) Bu sekmede aşağıdaki seçenekler belirlenir.
  - Parçanın şekline uygun kesici ve parametreleri belirlenir.
  - Parça geometrisi seçilir.
  - İşleme yükseklikleri seçilir.
  - Kesme ayarları yapılır
  - Kesicinin parçaya giriş ve çıkışları ayarlanır.
- Takım yollarının 2 veya 3 boyutlu benzetim (simulation) izlenir.
- Post alma yani NC kodlarını (G ve M Kodu) çıkarma işlemine geçilir.

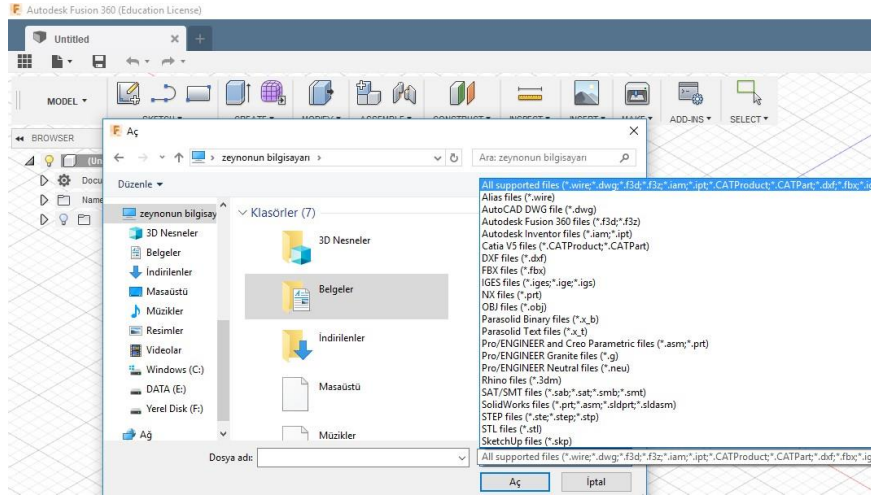
- Çıkarılan G kodları tezgâha aktarılır ve parçanın bu kodlara göre işlenmesi sağlanır

1.1. Üç Boyutlu Parça Çizimi veya Hazır Parça Dosyasının Açılması

CAM yazılımlarında frezeleme uygulamaları için, kendimiz CAM yazılımında işlenecek parçayı çizebileceğimiz gibi başka bir CAD/CAM yazılımında çizilmiş parçayı işleyebiliriz.

Başka bir CAD/CAM yazılımında çizilmiş parça dosyasını transfer ederken kabul edilebilir dosya uzantılarında kaydetmemiz gerekir. Unutulmamalıdır ki her program bir başka yazılımda oluşturulan parça modelini açmayabilir. Bunun için veri dönüşümü yapmamız gerekebilir. Genellikle iki boyut çizilmiş parçaların farklı CAD/CAM yazılımları tarafında kullanlabilmesi için*.**DXF**, *.**DWG** uzantılarında kaydedilmelidir, üç boyutlu oluşturulan çizimlerin farklı CAD/CAM yazılımlarında kullanılabilmesi için ise; ***.STEP, *.PARASOLİD, *.IGS, *.STL, *.SAT vb.** uzantılarda kaydedilmesi uygun olacaktır. Fusion 360 kabul görmüş CAD/CAM sistemlerinin (**Catia, Solidworks, Unigraphics NX)** verilerini herhangi bir veri dönüşümüne ihtiyaç duymadan açabilmektedir.

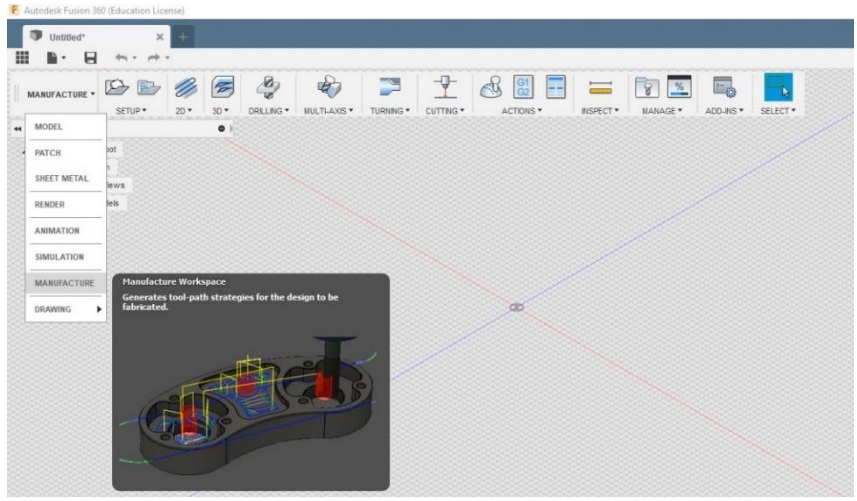
Hazır parça dosyasının açılması için program penceresindeki **File'**den **Open** seçilerek daha önce çizilen parçalar CAM yazılımında açılabilir. Farklı uzantıda dosya varsa dosya türü penceresinden açılması gereken dosyanın uzantısı seçilir ve yazılım ortamındada açılması sağlanır. Daha sonra yazılım CAM ortamı seçilerek, parçanın CAM ortamında işleme süreci başlatılır.



Görsel 1.1. Farklı dosya uzantısının açılması

1.2. CAM Modülüne Geçiş

Fusion 360 da Manufacture kısmında CNC freze, CNC torna, Lazer kesim, Plazma ve Su jeti kesimme işlemleri yapılarak parça imalat süreci gerçekleştirlebilir. Bu özelliği ile yazılım imalat yöntem alternatifleri de sunmaktadır. Fusion 360 yazılımı açıldığında karşımıza gelen modül seçimlerinden **Manufacture** seçilir.

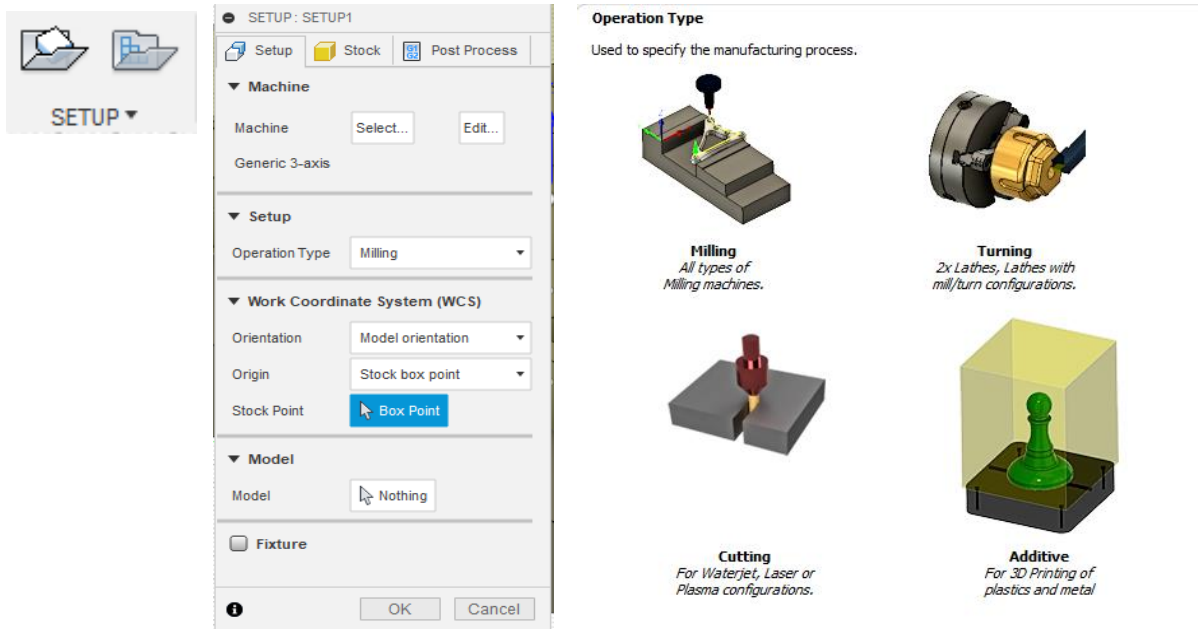


Görsel 1.2. Manufacture (CAM) modülüne geçiş

1.3. Setup Dosyası Oluşturma

Fusion 360 yazılımında takım yolu oluşturmak için ilk işlem Program ekranında yer alan SETUP sekmesini tıklanır. Yapılacak işe göre yeni veya ilave bir SETUP dosyası oluşturulması gerekmektedir. Bu kısımda

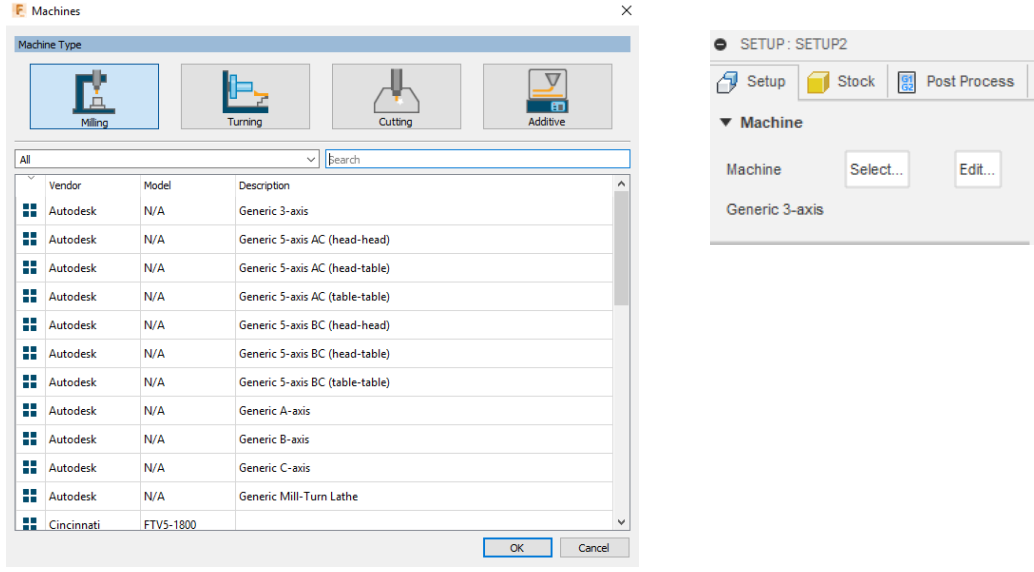
- Tezgâh seçimi
- Seçilen tezgâhın ayarları,
- Operasyon tipi,
- İş parçası sıfır noktası tanımlama,
- İşlenecek parça veya parçaların seçimi,
- Fixture (sabitleme ve Sıkma elemanları) seçimi yapılır.



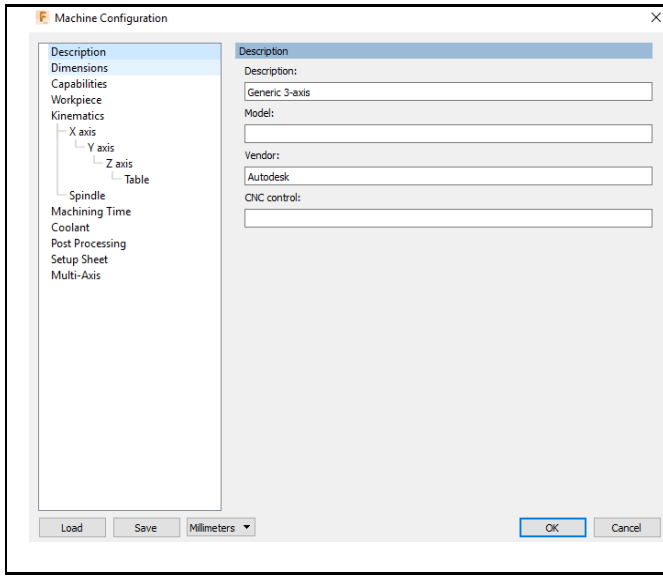
Görsel 1.3. Setup seçim menüsü ve operasyon tipleri

1.3.1. Tezgâh seçimi ve ayarlarının yapılması

İşlenecek iş parçasına göre tezgah seçimi setup menusünün altındaki MACHINE sekmesinden yapılır. SELECT sekmesi tıklandığında ekrana Görsel1.4 de görülülen Makine tipleri gelir. Makine tipi seçildikten sonra OK tıklanır. Bu işlem yapılmadan Makine Ayarları için gereken EDIT butonu ekrana gelmez. Burada yapılan tanımlamalar CAM işlemi sonunda elde edilecek NC kodlara yansıtılır. Seçim sonrası EDIT butonu tıklandığında Tezgah ayar seçenekleri ekrana gelecektir. Görsel 1.5 de EDIT seçenekleri kullanılarak istenilen makine ayarları yapılır.



Görsel 1.4 Tezgâh tipi seçim menüsü



Description: Açıklamalar
Dimensions: Tezgâh tabla ölçüleri
Capabilities: Tezgâhın özellikleri
Workpiece: İş parçası özellikleri
Kinematics: Tezgah eksen ölçüleri
Machine time: Makine işleme zamanı
Coolant: Soğutma işlemi tipleri
Post processing: NC kod ayarları
Setup Sheet: NC rapor ayarları
Multi-Axis: Döndürme ekseni ayarları

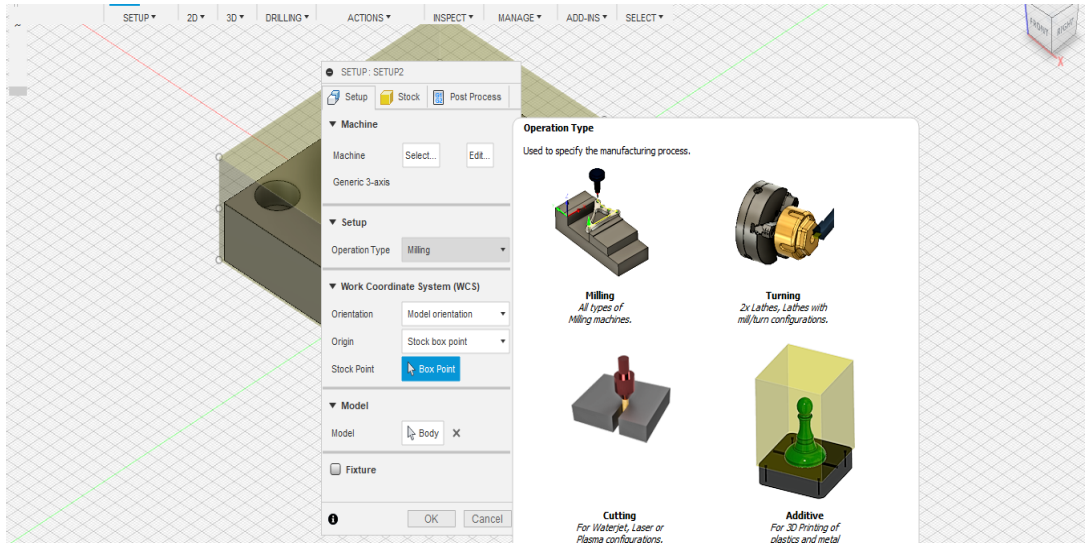
Görsel 1.4 Tezgâh tipi seçim menüsü

1.3.2. İşleme Yönteminin seçilmesi

Fusion 360 da iş parçasına göre yapılacak işleme yönteminin seçilmesi gerekir. İşleme yöntemini seçmek için Operation Type kısmında işlemin yapılacağı tezgah türü seçilebilir. İşleme ortamlarının çeşitliliği imalat yöntemlerini ve imalat yapma kabiliyetini seçeneklerini artırmaktadır.

Bu sekmede bulunan İşleme Yöntemi seçenekleri;

- **Milling – Frezeleme**
- **Turning & Mill and Turn – Tornalama ve C eksen Torlama**
- **Cutting – Su jeti, Plazma veya Lazer kesim**
- **Addivite - Metal veya Plastik 3D yazıcı**

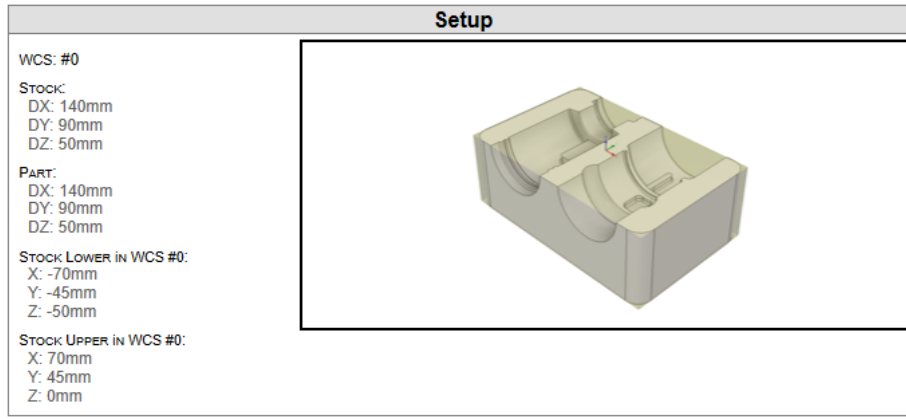


Görsel 1.5. Makine Edit sekmesi seçim menüsü

1.3.3. İş parçası sıfır noktası tanımlama

İş parçası sıfır noktası seçilen işleme yöntemi ortamına göre değişiklik gösterir. Freze için bu işlem yapıldığında CAM işlemi için gerekli olan X, Y, Z eksenleri doğru tanımlanmalıdır. Genellikle iş parçasının üst orta, alt orta veya belirlenen köşeler seçilebilir. Bu seçim de parçanın imalat yöntemi için tezgaha konumlanması veya müşterinin tavsiyeleri belirleyici olur.

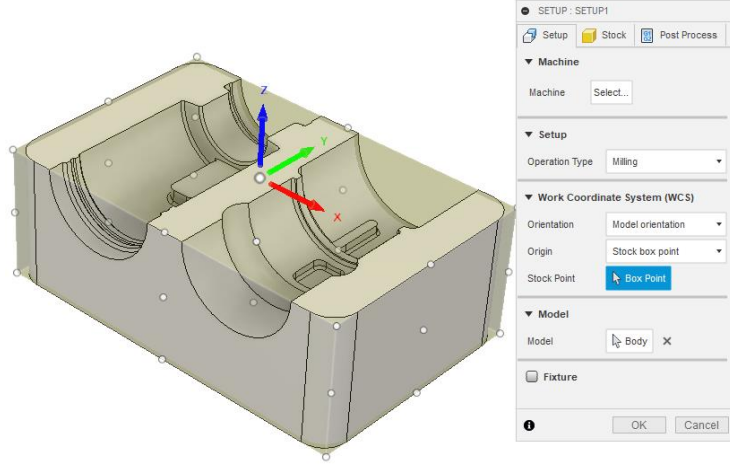
Döküm ve üst yüzey kısımları formlu parçalar için alt orta nokta alınması doğru olacaktır. Bu seçimin yanlış veya tezgâh operatörü tarafından eş ve benzer tanımlama yapılmadığında iş kazası olması kesindir. Bu işlem tezgâhta yapılmadan önce **SETUP SHEET** çıktısı alınarak operatörün tezğah başında buna göre sıfırlama yapılması sağlanmalıdır. **Görsel 1.6** da yapılan CAM işleminde tanımlanmış sıfır noktası görülmektedir.



Görsel 1.6. Setup Sheet ile elde edilen operatör bilgilendirme raporu

Fusion 360'da Frezeleme işlemi için beş değişik parça sıfır tanımlama seçeneği bulunmaktadır.

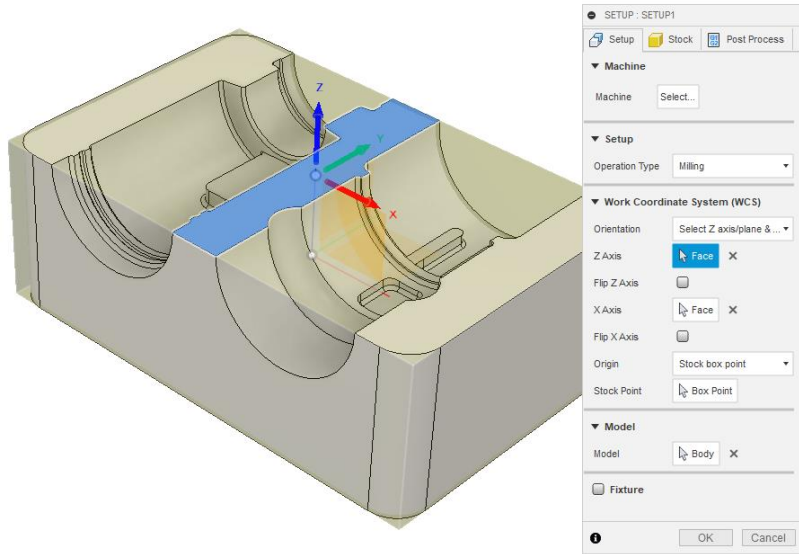
Model Orientation: Kullanıcının tercihine bırakılan bu seçimde, parça üzerinde otomatik olarak beliren köşeler ve iş parçası geometrisine göre esas alınan noktalar beyaz renkli nokta ile seçime hazır hale getirilir. Orgin seçiminin nokta olarak yapılabilmesi içinde ORGİN sekmesinin altında Model Orgin (İş parçasının konumuna göre en uygun sıfır noktasını tanımlar), Select Point (İş parçası üzerinden herhangi bir yerden nokta olarak gördüğü yeri sıfır noktası olarak seçer) , Stock Box point (Stok üzerindeki noktalardan sıfır noktası seçtirir) ve Model Box point (İş parçası üzerinden sıfır noktası seçtirir) seçenekleri vardır.



Görsel 1.7. Model Orientation Sıfır noktası seçimi

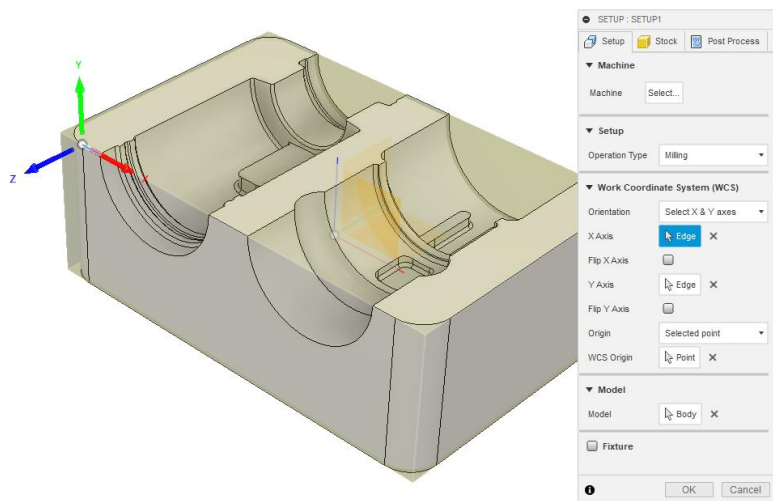
Select Z Axis/Plane & X Axis : İş parçasında ilk önce Z ekseni olarak tanımlatılacak bir kenar veya yüzey sonrasında ise X ekseni olarak tanımlanacak bir kenarın doğrultusu seçilmelidir.

Select Z Axis/Plane & Y Axis: İş parçasında ilk önce Z ekseni olarak tanımlatılacak bir kenar veya yüzey sonrasında ise Y ekseni olarak tanımlanacak bir kenarın doğrultusu seçilmelidir.



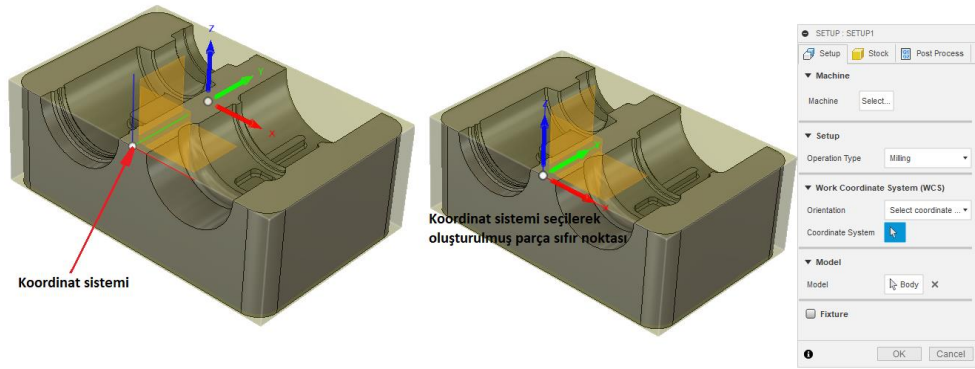
Görsel 1.8. Z Axis/Plane & X Axis ve Select Z Axis/Plane & Y Axis Seçeneklerine göre sıfır noktası seçimi

Select X & Y axes: İş parçasından X eksenini tanımlamak için bir yüz veya kenar seçilmelidir ve Y eksenini tanımlamak için başka bir yüz veya kenar seçilmelidir. Hem X hem de Y eksenleri 180 derece döndürülebilir.



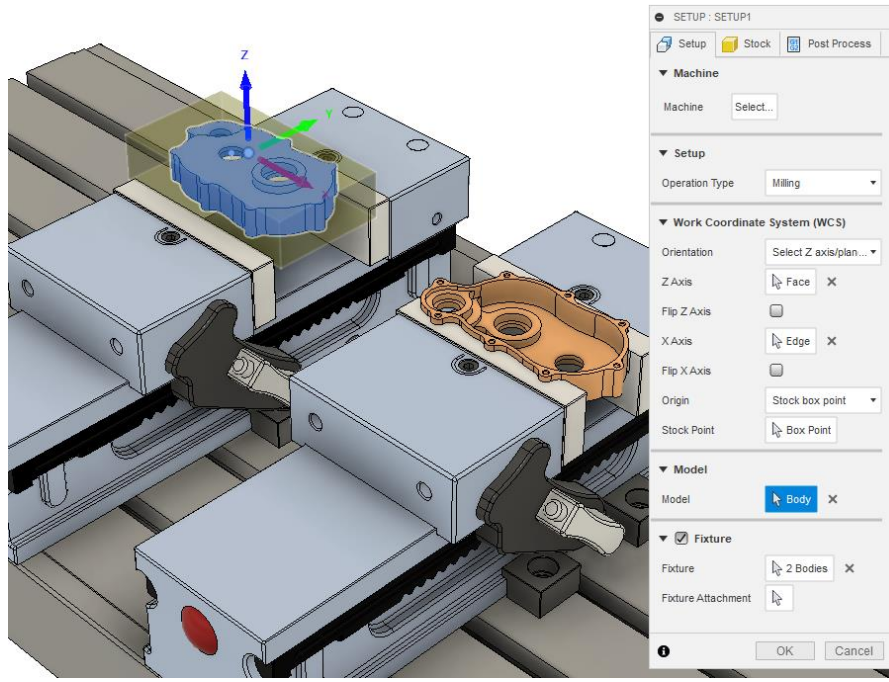
Görsel 1.9. Select X & Y Axes Seçeneğine göre sıfır noktası seçimi

Select Coordinate System: İş parçası üzerinde daha önce tanımlanmış koordinat sistemi veya parça üzerinden herhangi bir delik, nokta veya kenar seçilerek sıfır noktası tanımlanır.



Görsel 1.10. Select Coordinate System Seçeneğine göre sıfır noktası seçimi

1.3.4. Model seçimi



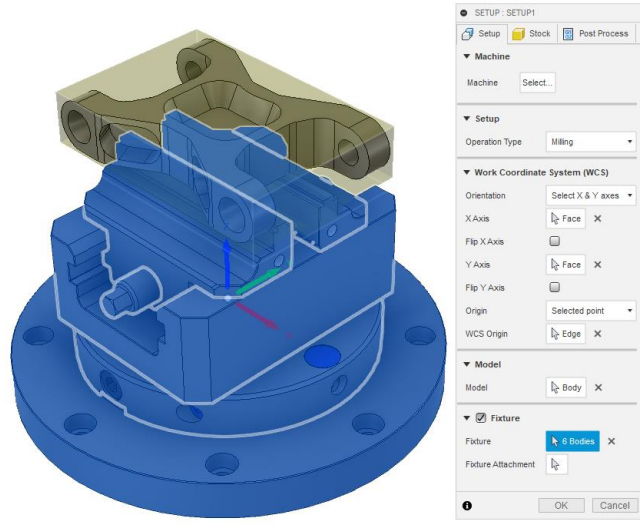
Görsel 1.11. Setup sekmesinde Model veya Modellerin seçimi

İşlenecek iş parçasını veya aynı anda birden fazla iş parçası var ise bunları tanımlamk için model sekmesi kullanılır. Tasarımda birden fazla iş parçası varsa hepsinin seçilme zorunluluğu yoktur. Bu seçim kullanıcının tercihi ve işin durumuna göre değişmektedir.

1.3.5. Fixture seçimi

İşlenecek iş parçalarını tezgâh tablasına sabitlemek için kullanılan değişik özellikteki sıkma aparatlarına fixture denir. Cam yazılımlarında mengene, pabuç vs parçalar fixture olarak tanıtılır. Eğer bu işlem yapılmadığında özel bağlama yöntemine göre yapılan Cam işlemişinde uygulama sırasında

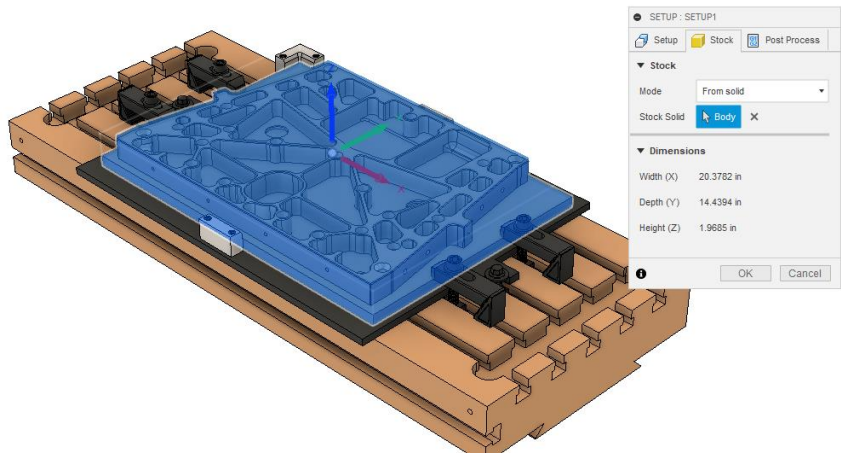
bağlantı elamanlarına kesici çarpacağından kazalar meydana gelir. Kesicinin tanımlanan Fixture aparatlarının üzerinden, yanından atlaması ve o bölgeden talaş kaldırmaması istenir. Bu durum bir benzetme ile "bindiğiniz dalı kesmek" gibi olur.



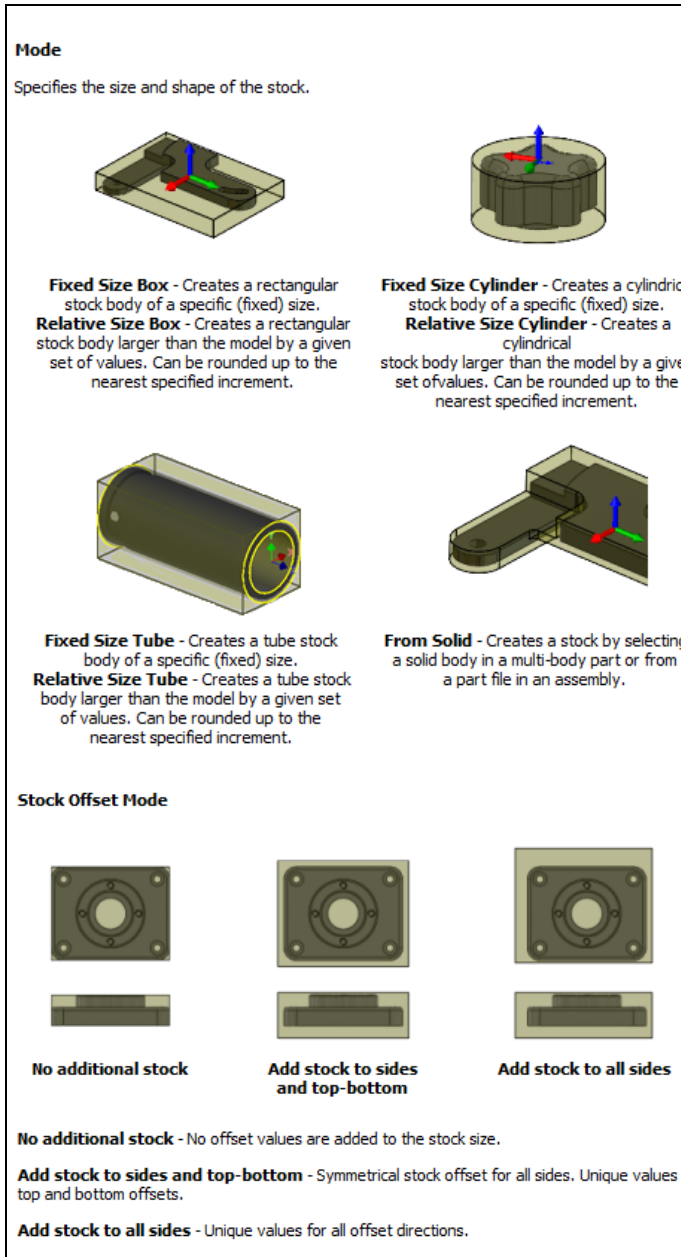
Görsel 1.11: Fixture – Bağlama elemanlarının seçimi

1.4. Stock Seçimi

Tasarlanan modeller için kütük (ham) parça oluşturmak için kullanılır. Kütük boyutlarının ve görünümünün ayarlarının yapıldığı kısımdır.



Görsel 1.12. Stock seçim menüsü



Görsel 1.13. Stock seçim yöntemleri

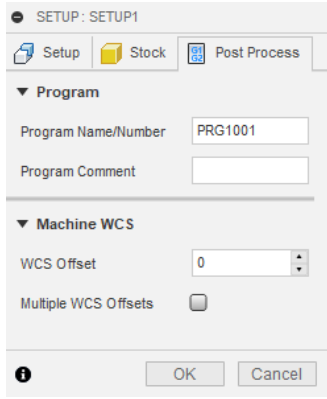
Stok seçim yöntemleri

Fixed Size Box: İş parçasını dış ölçülerine göre bir dikdörtgen prizmanın içine sığdırarak stock oluşturur.
Relative Size Box: İş parçasının dış ölçülerine göre istenildiğinde değişken yükseklikte dikdörtgen prizma ile stock oluşturur.
Fixed size Cylinder: İş parçasını dış ölçülerine göre bir silindirin içine sığdırarak stock oluşturur.
Relative size Cylinder: İş parçasının dış ölçülerine göre istenildiğinde değişken yükseklikte Silindir ile stock oluşturur.
Fixed size Tube: İş parçasını dış ölçülerine göre bir Tüp içine sığdırarak stock oluşturur. (Stok içerisinde istenildiğinde delik oluşturur.)
Relative Size Tube: İş parçasını dış ölçülerine göre değişken yükseklikte bir Tüp içine sığdırarak stock oluşturur. (Stok içerisinde istenildiğinde delik oluşturur.)
From Solid: İş parçasının kendisini veya başka bir parçayı stock olarak kabul eder.

Stok offset ayarları

No additional stock: İş parçasının en dış ölçülerini referans alır ve ilave bir fazlalık eklemez.
Add stock to sides and top – bottom: İş parçasının en dış ölçülerini referans alır ve iş parçasının alt ve üst yüzeylerine ilave bir fazlalık ekler.
Add stock sides: İş parçasının en dış ölçülerini referans alır ve iş parçasının yan yüzeylerine ilave bir fazlalık ekler.

1.5. Post Process (NC kod oluşturma ayarları)



CNC tezgâhları için gerekli olan NC kodların oluşturulması öncesinde Post Process sekmesinde ayarlamalar yapılmalıdır. Bunlar;

- Program numarası
- Program açıklaması
- Makine sıfır noktası (G54, G55)

1.6. Kesici Tanımlama

CAM operasyonlarının tamamında kesici seçimi çok önemlidir. CAM işlemini yapan operatör ya mevcut atelyesindeki kesici tip ve ölçülerine göre kesici tanımlamalı ya da Cam işlemi sırasında seçtiği kesiciye göre takım yolu oluşturmalıdır. İş kazalarının bir kısmı özellikle kesicilerin iş parçasına göre doğru tanımlanmadığından meydana gelir. Yapılan hataların başlıcaları şunlardır.

1. **Kesici çapının yanlış girilmesi :** Yanlış kesici seçimi özellikle pocket ve deliklerin işlenmesinde problem olacaktır. Delik ve pocket ölçüsünden büyük girildiğinde o bölgelerde takım yolu oluşmaz. Kesici çapı çok küçük girildiğinde ise işleme zamanı uzar veya kesicinin dolu bölgelere ilk girişinde kesici kırılmaları meydana gelir.

2. **Kesici Tipinin yanlış seçilmesi:** CNC frezler için geliştirilen değişik tip ve şekilde kesiciler mevcuttur. Frezeleme işlemleri ihtiyaç duyulan kesici takımlar tanımlanır. Köşe Radiusları olan veya açılı tipdeki kesiciler özel işlemler haricinde kullanılmaz. Dolu bölgelerde köşe Radiuslu kesiciler seçildiğinde dik olarak yapılan ilk giriş anında kesici kırılmaları meydana gelebilir.

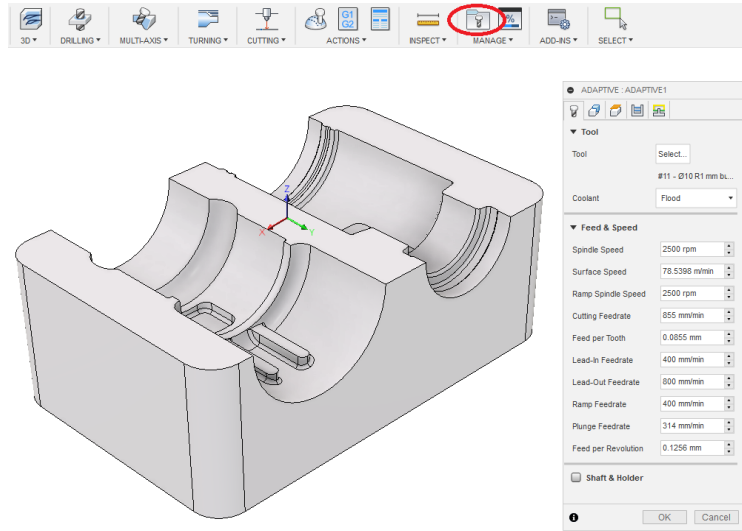
3. **Kesici ağız sayısının tanımlanması:** kesilen malzemenin cinsine göre kesicinin kesme ağız sayısı belirlenir. Yumuşak malzemeler için (Hafif metaller) 2 veya 3 ağız, düşük ve orta karbonlu çelikler için 4 veya 6 ağızlı parmak freze tipinde kesiciler kullanılabilir.

4. **Devir ve ilerleme seçimleri:** Her kesici üreticisinin ön gördüğü devir ve ilerleme tabloları mevcuttur. Devir ve ilerleme yanlış girildiğinde ya kesici ömrü kısalır ya da aşırı ısınmadan özelliğini kaybedip kırılmalar meydana gelir. Devir ve ilerleme iş parçasının yüzey kalitesine doğrudan etki eden iki faktördür. Devir ilerleme formüllerinden doğru hesaplamalar ile bulunan devir ilerlemeler yaklaşık en uygun sonuçu verecektir.

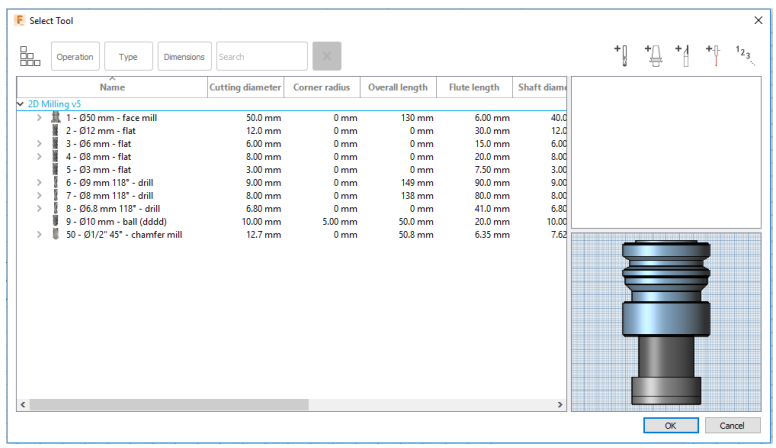
5. **Kesici boyunun uygun tanımlanmaması:** İş kazalarının başlıca sebebi bu yapılan yanlış tanımlamadır. Derinliği 60 mm olan bir Pocket bölgesine kesici boyunu tutucunun alnından itibaren 50 mm girildiğinde program takım yolunu oluşturup işlemeye ve benzetimin doğru devam etse bile 50 mm geçen derinlikte kesici tutucusu iş parçası

yüzeyine çarpacaktır, kesici kırılıp tutucu iş milinde ciddi sorunlar yaşatabilir. Çok uzun tutulduğunda ise kesicide esnemeler ve kesme işlemi sırasında tırlamalarr meydana gelir bu da ölçüsel sorynlara ve yüzey kalitesinin bozulmasına sebep olabilir.

Fusion 360 yazılımı CAM ortamında 2 farklı alanda kesici takım tanımlaması yapılabilir. İlk yol ana ekranda yer alan tool library ikonu ile seçimdir. İkinci yol ise işleme yöntemlerinin bulunduğu pencere içerisindeki kısımdır.



Görsel 1.14. Kesici takım tablosunu seçim yöntemleri



Kesici seçim yöntemleri
Operation: Operasyon göre
Type: Kesici tipine göre
Dimension: Kesici ölçülerine göre
Search: Kesici adı veya tanımlamasına göre arama

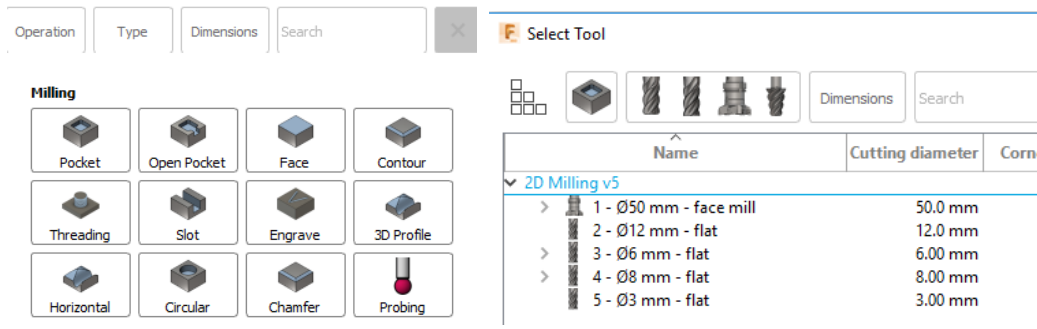
Yeni kesici ve ekipman ekleme
New mill tool: Yeni kesici ekleme
New holder: Yeni tutucu ekleme
New turning tool: Torna kesici ekleme

Görsel 1.15. Kesici takım seçim tablosu

1.6.1. Kesici arama yöntemleri

Operasyon türüne göre kesici seçimi ve aranması

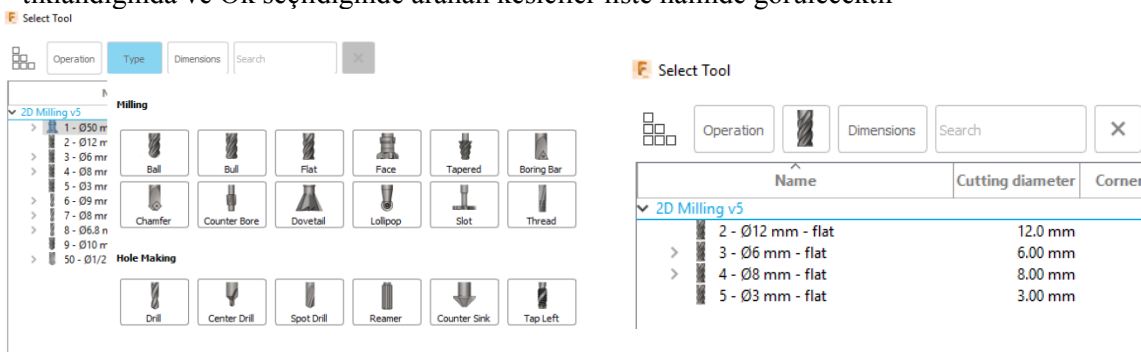
Bu ekranda İş parçasını işleme operasyonlarına göre daha önce tanımlanan veya kesici kütüphanesinde bulunan kesicileri bulmamızı sağlar. Örneğin yüzey işleme operasyonu yapacaksak **Face** sekmesi tıklandığında ve Ok seçildiğinde ekranın sağ üst köşesinde kullanılan kesiciler liste halinde görülecektir.



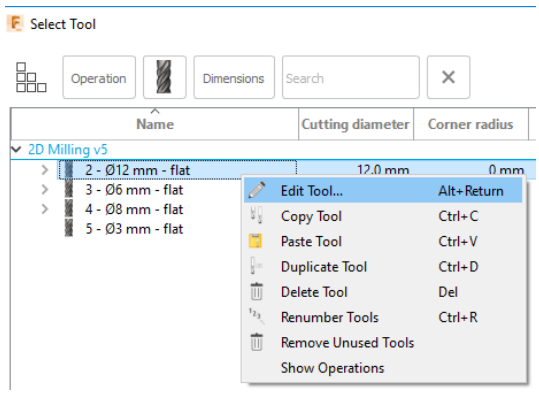
Görsel 1.16. Kesici opresayon türüne göre takım aranması

- **Kesicinin tipine göre seçimi ve aranması**

Bu ekranda İş parçasını kesici tiplerine göre daha önce tanımlanan veya kesici kütüphanesinde bulunan kesicileri bulmamızı sağlar. Örneğin Flat (düz uç) kesicileri bulmak istiyorsak **FLAT** sekmesi tıklandığında ve Ok seçildiğinde aranan kesiciler liste halinde görülecektir



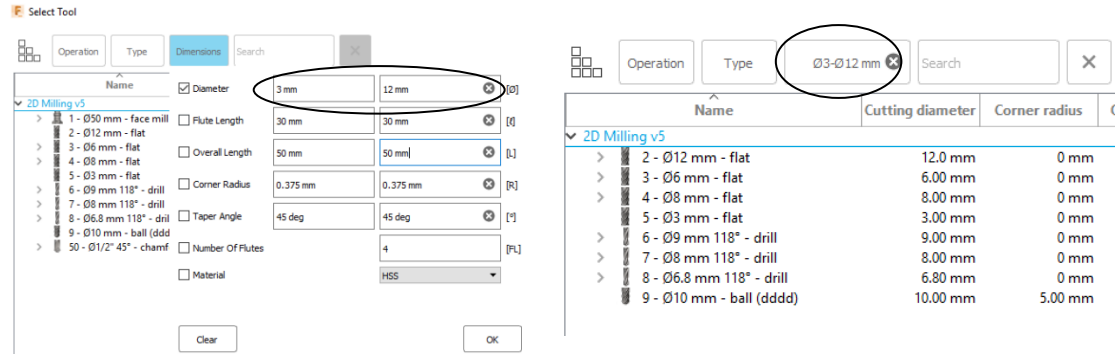
Görsel 1.17. Kesici tipine göre takım aranması



Ekrana gelen kesici listesinden aranan kesici farenin sağ tuşu tıklandığında kesici ölçülerini Edit Tool (Takım düzenleme) seçeneği görülür.

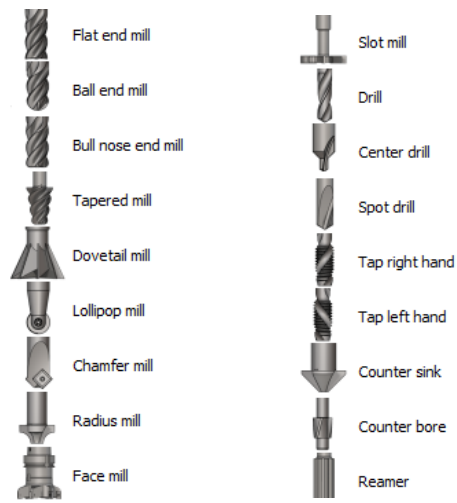
➢ **Kesicinin ölçülerine göre seçimi ve aranması**

Bu yöntemde daha önce tanımlanmış veya kesici kütüphanesinde bulunan kesicilerin çap, kesme boyu, toplam boy, köşe radiusu, açısı ve ağız sayısına göre bulunmasını sağlar. Bu tabloda en küçük ve en büyük ölçü aralığı girilerek aranan kesiciler ekrana getirlir. Görsel 1.18 deki örnekte çapı 3 ile 12 mm arasındaki daha önce tanımlanmış kesiciler ekrana getirilmiştir.



Görsel 1.18. Kesici ölçülerine göre takım aranması

1.6.2 Kesici Türleri

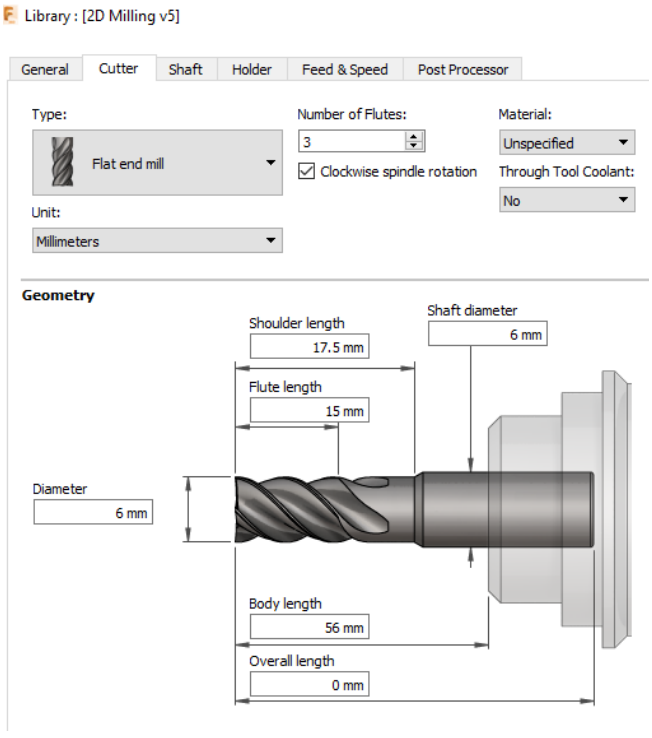


Görsel 1.19. Kesici Türleri

Fusion 360 kesici kütüphanesinde oluşturulacak takım yolları için değişik amaçlı kesiciler bulunmaktadır. Görsel 1.19 da kesicilerin türleri görülmektedir.

1.6.3. Kesici geometrisinin düzenlenmesi

Kesici kütüphanesinden seçilen veya yeni oluşturulan kesicilerin geometrik ölçü tanımlaması aşağıda gösterilen tablodan yapılır.

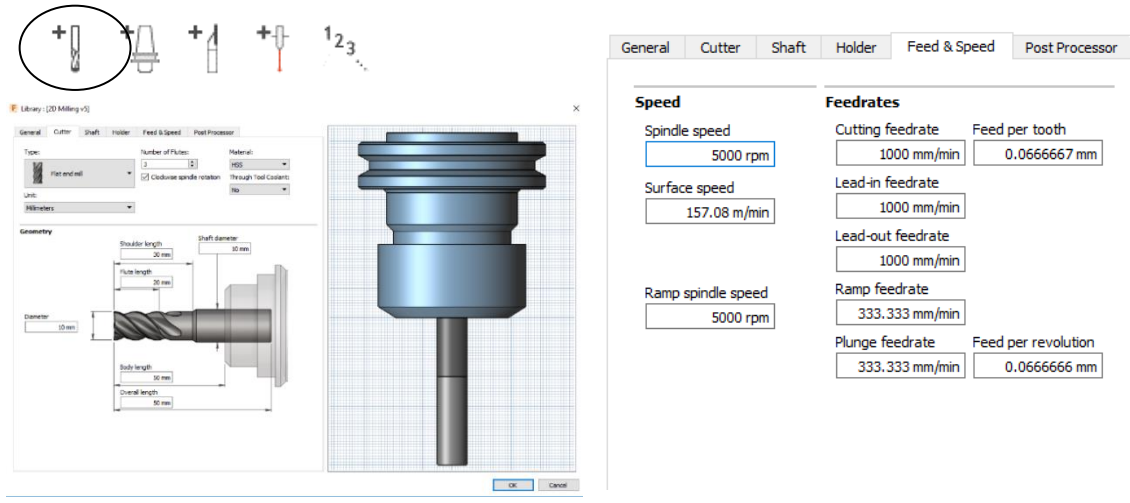


Number of Flutes: Kesicinin ağız sayısı
Clockwise spindle rotation: Kesme yönü
Material: Kesicinin malezmesi
Through Tool Coolant: Soğutma kesici içinden mi?
Unit: Ölçü sistemi
Diameter: Kesici çapı
Flute Length: Kesici ağız boyu
Shoulder Length: kesici kademe boyu
Shaft diameter: Kesici sap çapı
Body length: Kesicinin tutucu dışında kalan boyu
Overal length: Kesicinin toplam boyu

Görsel 1.20. Kesici takım tanımlama seçenekleri

1.6.4. Yeni kesici eklenmesi

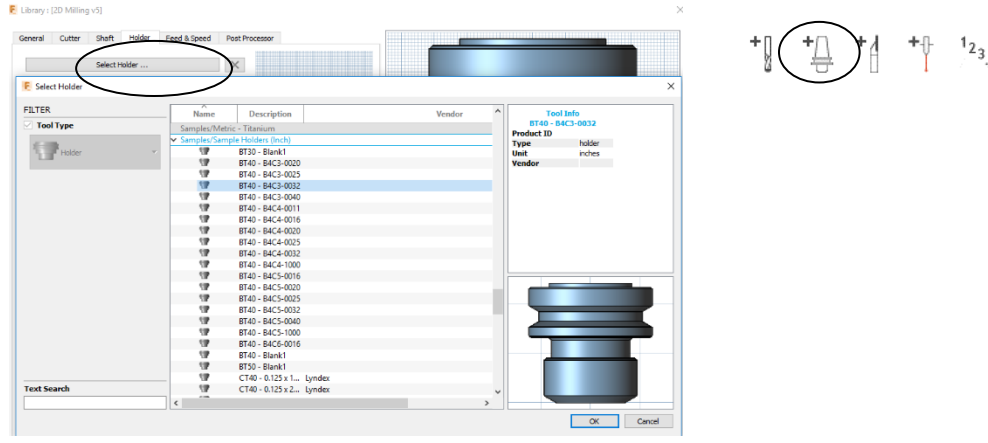
CAM işlemi sırasında yeni kesici ekleme işlemi çok dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Yapılacak cam operasyonuna göre kesici seçimi yapılması ve daha önce belirtilen konular dikkate alınarak değerler girilmelidir. Kesici şeçim ekranında New Mill Tool sekmesi tıklandığında Görsel 1.20 deki menü karşımıza gelmektedir. Bu menüden kesinin geometrik özellikleri, malzemesi, tutucusu, devir ve ilerlemesi, NC kod alımında kesici ile ilgli bilgilerin yer alması için gerekli değerler girilir.



Görsel 1.21. Yeni kesici eklme tablosu

1.6.5. Tutucu seçimi

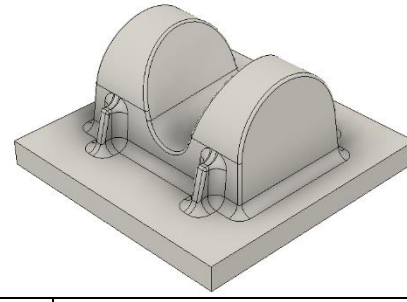
Kesicilerin ve Tutucularının seçiminde iş parçasının şekli ve işlenecek bölgelerin yüksekliği çok önemlidir. Tutucu boyu ve alın çapı, dişi bölgeleri işlerken uygun değerlerde olmalıdır. Çok büyük olması durumunda işleme alanının üst yüzeyine sürter ve bir süre sonra kazaya sebebiyet verecektir. Fusion 360 da tutucu seçimi veya yeni tutucu eklenmesi Tool Library menüsünden yapılmaktadır.

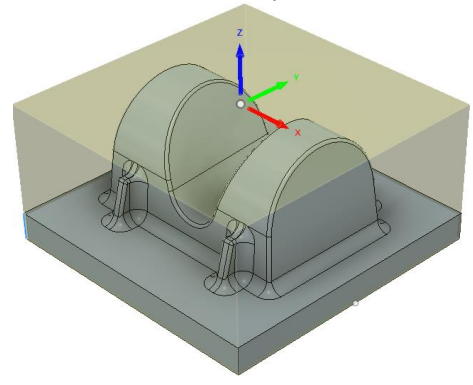


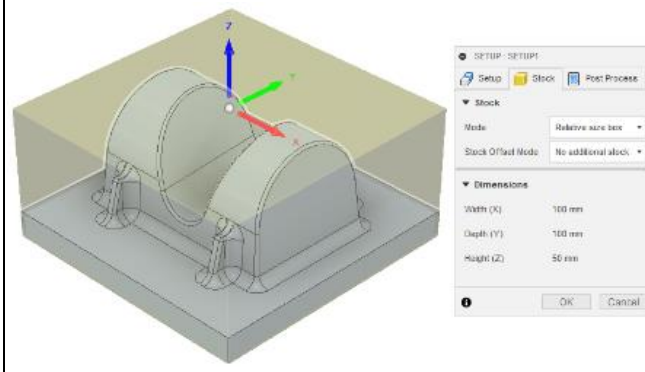
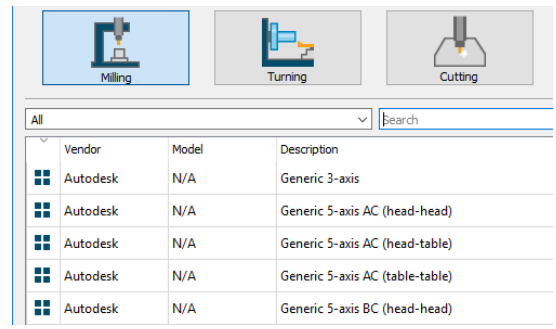
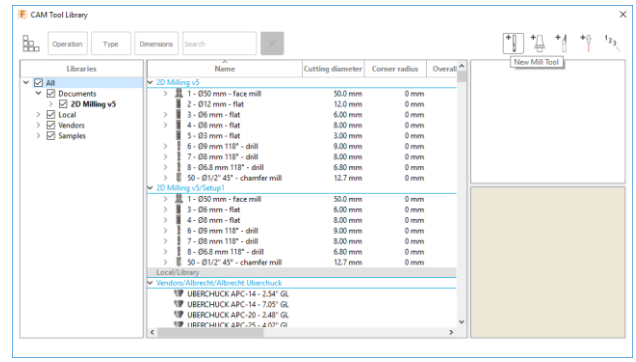
Görsel 1.22. Yeni tutucu ekleme ve mevcut tutucu tablosu

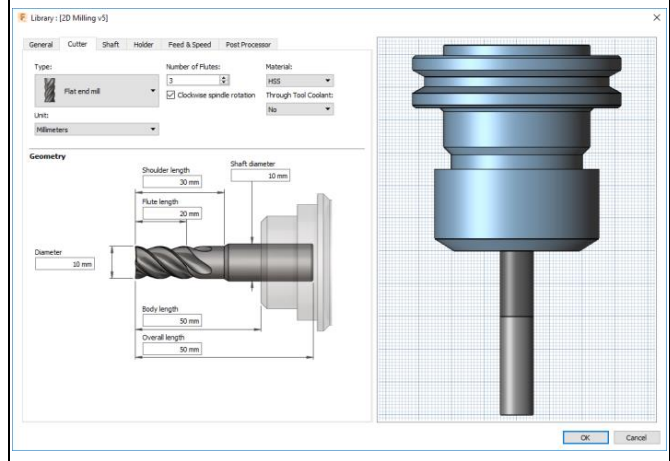
UYGULAMA FAALİYETİ-1

Aşağıdaki iş parçasının takım yollarını oluşturmak için gerekli kütük, makine, kesici (Pocket bölgesi kaba işlemek için çapı 10 mm düz uçlu) ve sıfır noktasını tanımlayınız. Kütük ölçüleri 100 x 100 x 50 mm olarak belirleyiniz.



İşlem Basamakları	Öneriler
Parçanın CAM ortamına çağrılması.	Fusion 360 programı içerisindeki Cam uygulama örnekleri kısmından (CAM Samples => Turorials => Tutorial 4) parçayı açınız ve Manufacture seçeneği ile CAM ortamına geçiş yapınız.
Setup ayar seçeneği eklemek.	**Manifacture ortamı CAM kısmından Setup seçeneklerinden Setup ikonu çalıştırınız.**
Sıfır noktası ayarlarını yapmak.	**Setup** kısmında bulunan **Work Coordinate System** seçeneğinden iş parçasının üst ve ortası olacak şekilde **Stock Point** komutunu kullanarak sıfır noktasını tanımlayınız. 

Kütük tanımlaması yapmak.	**Setup** seçeneğinde bulunan Stock menüsüne girerek **Relative Size Box** seçeneği ile 100x100x50 mm ölçülerinde kütüğü tanımlayınız. 
3 eksen CNC freze tezgah seçimini yapmak.	**Setup** seçeneğinde bulunan **Machine** menüsüne girerek **Generic 3 axis seçimi tıklanır.** 
Kesici seçimi yapmak	Ekrana bulunan **MANAGE** sekmesnden **Tool Library** penceresi seçilir. Ekrana gelen menüden **New Mill Tool** seçilerek kesici ekleme menüsü çalıştırılır. 

Kesici ölçülerini tabloya girmek.	Kesici menüsüden kesicinin çapını 10 mm kesme boyunu ise 40 mm olarak ayarlayınız.. 

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Parçayı Cam uygulama örnekleri kütüphanesinden açabildiniz mı?		
2. Setup sekmesini kullanarak parça konumlama işlemini yapabildiniz mi?		
3. Kütük oluşturmak için Setup menüsünden **Stock Setup** seçeneğini kullanarak kütük oluşturabildiniz mi?		
4. Kütük değerlerini belirtilen ölçüde girdiniz mi?		
5. Setup menüsünden iş parçasının sıfır noktasını belirlediniz mi?		
6. Makine tipi olarak standart 3 eksen CNC freze tezgahını seçriniz mi ?		
7. Çapı 12mm olan parlak freze kesicisini yeni kesici olarak eklediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise **"Ölçme ve Değerlendirme"**ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME-1

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi kütük (Stock) tanımlama seçeneklerinden değildir?
A) Relative size box
B) Fixed size box
C) Fixed size cylinder
D) Fixture
E) From solid

2. Aşağıdaki terimlerden hangisi takım tutucu anlamındadır?
A) Holder
B) Tool
C) Type
D) Corner Radius
E) Tool Head

3. Aşağıdakilerden hangisi takım kütüphanesine ulaşmak için kullanılır?
A) Create new tool
B) Select library tool
C) Edit tool
D) Tool manager
E) Tool selector

4. Freze tezgâhında dalma ilerleme hızını ifade eden terim aşağıdakilerden hangisidir?
A) Plunge feed rate
B) Spindle speed
C) Feed rate
D) Max. Spindle speed
E) High Feedrate

5. Aşağıdakilerden hangisi düz alınlı parmak freze çakısı anlamındadır?
A) Taper Mill
B) End Mill
C) Bull Mill
D) Dove Mill
E) Ball Mill

6. CAM ortamında ayarlama işlemleri hangi seçenek ile yapılır?
A) Setup
B) Inspect
C) Manage
D) Select
E) Manage

7. Cam ortamında Parça Sıfır noktası hangi alt seçenek ile sağlanır?

A) Machine
B) Setup
C) Model
D) Work Coordinate System (WCS)
E) CNC Su jeti

8. CAM aşağıdaki tezgâhlardan hangisine takıyolu oluşturulamaz?

A) CNC Freze
B) CNC Torna
C) CNC Dalma Erozyon
D) CNC Lazer
E) Relative size Tube

9. Aşağıdakilerden hangisi Stock (Kütük) yöntemi olarak diğerlerinden farklıdır.

A) Fixed Size Box
B) From Solid
C) Relative Size Box
D) Fixed size Cylinder
E)

10. Aşağıdakilerden hangisi Cam işlemine başlamadan önce kesici hakkında bilinmesi gereken bilgilerden birisi değildir.

A) Kesici boyu
B) Kesici çapı
C) Kesici malzemesi
D) Üretici firma bilgisi
E) Kesici uç kenar yarıçapı

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

ÖĞRENME KAZANIMI

Gerekli ortam sağlandığında bu modül ile öğrenci; CAD/CAM programlarını kullanarak işleme parametrelerini oluşturabilecek ve CNC freze tezgâhlarına veri aktararak parça imalatı yapabilecektir.

ARAŞTIRMA

- CNC freze tegahında kullanılan takım yolları ve çeşitleri hakkında bilgi toplayınız.
- G kodlarının tezgâha aktarılmaı hakkında bilgi toplayınız.

2. ÜÇ EKSEN CAM FREZELEME YÖNTEMLERİ

Üç eksen işleme takım yolları prizmatik yapıdaki parçalardan daha karmaşık geometrilere sahip parçaların işlenmesi ve 2 ½ eksen işleme yöntemi ile işlenemeyecek geometrik yapıya sahip parçaların işlenmesi için kullanılabilir.

Örnek olarak otomotiv, kalıp, karmaşık geometriye sahip tüketici ürünleri vb. parçalar verilenbilir. Bu tür parçalar birçok karmaşık geometriden oluşabilir.

CAM yazılımlarının üç eksen işleme yöntemleri belli komut isimlendirme farkları olsa da işleyiş anlamında benzer yapısal özelliklere sahiptirler. CAM yazılımlarında üç eksen işleme stratejileri olarak genellikle kaba işleme ve son (finiş) işleme olarak inceleyebiliriz.

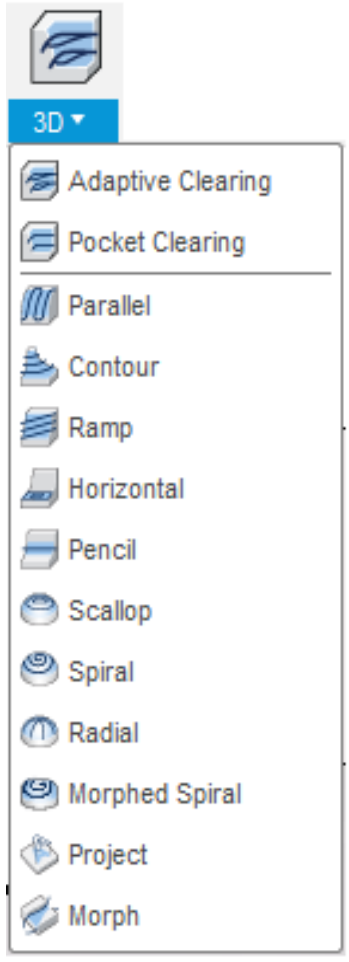
Fusion 360 sıklıkla kullanılabilecek üç eksen işleme stratejilerini aşağıdaki gibi gruplandırabiliriz.

Kaba işleme stratejileri

- **Adaptive Clearıng:** İş parçasını yeni nesil kesme teknolojisini kullanarak kaba/ara kaba işleme yöntemi.
- **Pocket:** İş parçası geleneksel kaba/ara kaba işleme yöntemi.

Finiş işleme stratejileri

- **Paralel:** İş parçası yüzey formlarını finiş/ara finiş işleme yöntemi.
- **Contour:** İş parçasının dik ve/veya açılı duvarlarını kademeli işleme yöntemi.
- **Pencil:** İş parçası iç köşe kenarlarını ve iç köşe kenar yuvarlatmalarını finiş/ara finiş işleme yöntemi.



Adaptive Clearıng: İş parçasını yeni nesil kesme teknolojisini kullanarak kaba/ara kaba işleme yöntemi.
Pocket: İş parçası geleneksel kaba/ara kaba işleme yöntemi.
Paralel: İş parçası yüzey formlarını finiş/ara finiş işleme yöntemi.
Contour: İş parçasının dik ve/veya açılı duvarlarını kademeli işleme yöntemi.
Ramp: İş parçasının dik ve/veya açılı duvarlarını rampa (helisel) ilerleyerek işleme yöntemi.
Horizontal: İş parçasının düz (yatay) yüzeylerini işleme yöntemi.
Pencil: İş parçası iç köşe kenarlarını ve iç köşe kenar yuvarlatmalarını finiş/ara finiş işleme yöntemi.
Scallop: İş parçası yüzey formlarını sabit adımlı finiş/ara finiş işleme yöntemi.
Spiral: İş parçası yüzey formlarını seçilen bir merkeze göre spiral finiş/ara finiş işleme yöntemi.
Radial: İş parçası yüzeyinde seçilen bir noktaya dik yüzey formuna uygun finiş/ara finiş işleme yöntemi.
Morphed Spiral: İş parçası yüzey formlarını yüzey formuna uydurarak spiral finiş/ara finiş işleme yöntemi.
Project: : İş parçası yüzey formuna takım yolu yansıtarak işleme yöntemi.
Morph: İş parçası yüzey formlarını kılavuz iki eğri arasında yüzey formuna uydurarak spiral finiş/ara finiş işleme yöntemi.

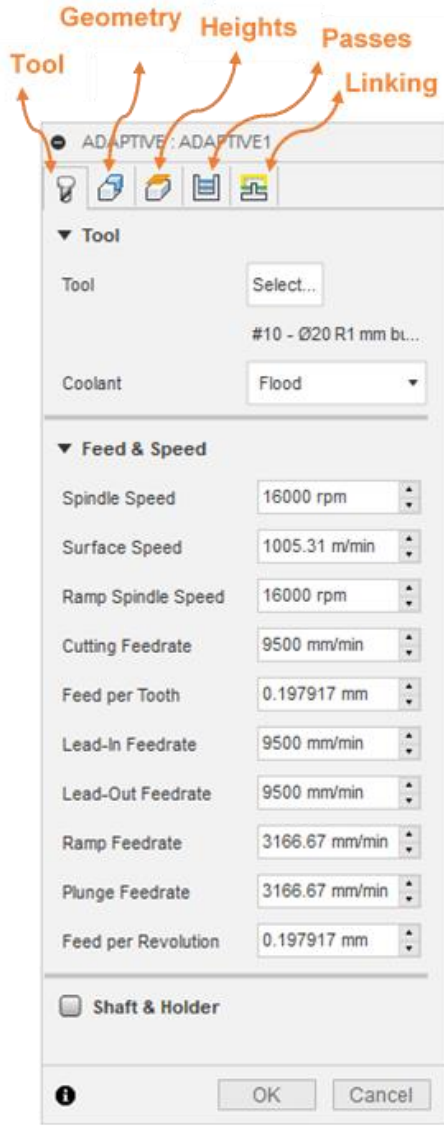
Görsel 2.1. Üç eksen takım yolu oluşturma seçenekleri ve açıklamaları

İşleme komutlarının görevleri ve işlevleri işleme özelliğine göre değişkenlik göstermektedir. Ancak komut menülerinde kullanılan terimler genel işlemler için aynıdır, sadece komutun işlev özelliğine göre bazı terimlerde farklılıklar bulunmaktadır ve farklılıklar her komutun işlevinin tarifi esnasında belirtilerek açıklanacaktır. Aynı işlevi gören terimlerin ifadelerinden tekrarlardan kaçınmak için her komutun açıklamasında yer verilmeyecektir.

Bütün işleme yöntemmlerindeki amaç; optimum kesme parametreleri kullanılarak, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak, verimli bir şekilde parça işleyebilmektir.

2.1. Üç eksen CAM komut pencere yapısı ve komut terimleri

Fusion 360 CAM ortamı takım yolu oluşturma stratejileri komutlarının yapısı beş ana bölümden ve her bölümün kendine özgü parametre tanımlamalarının yapılabileceği alt seçeneklerden oluşmaktadır. Üç eksen takım yolu oluşturma komutlarının yapısı ve içerdiği komut terimleri aşağıdaki gibi inceleyebiliriz.



TOOL: Kesici takım seçimi ve kesme parametreleri tanımlama seçeneği.

GEOMETRY: İş parçası üzerinde işlem bölgeleri tanımlayabilme seçeneği.

HEIGHTS: Kesme yüksekliklerini tanımlama kısmı.

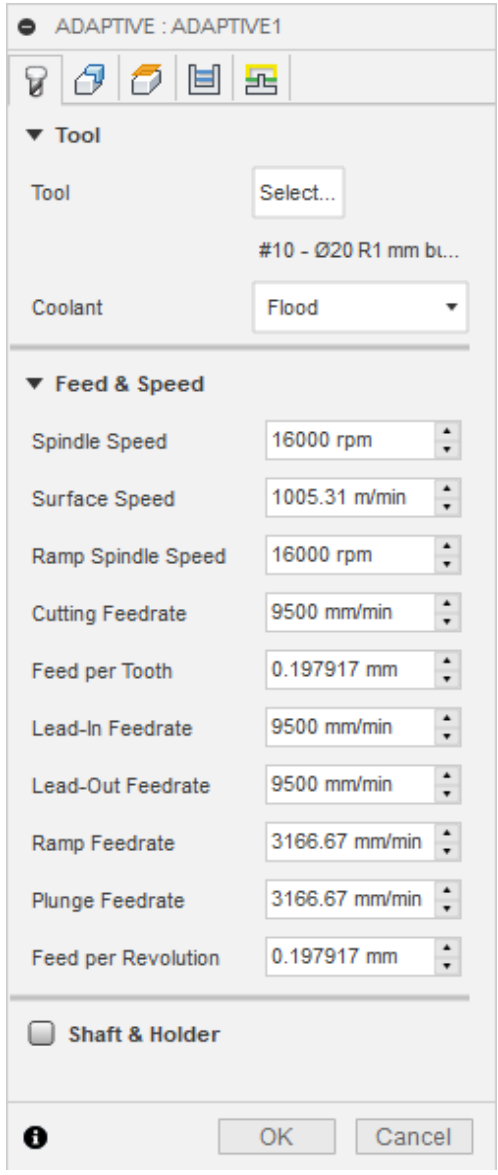
PASSES: Kesme değerleri tanımlama seçeneği

LINKING: Kesici takımın parçaya giriş, çıkış mesafelerini ve takımyolu bağlantıları tanımlama seçeneği

Görsel 2.2. Komut Penceresi ve terimleri

2.1.1. Kesici takım seçimi ve kesme paremetrelerini tanımlama menüsü

Kesici takım seçimi ve kesme parametrelerinin tanımlama işlemleri Tool sekmesinde yapılmaktadır.



Tool
Tool Select: Takım seçim işlemi
Coolant: Soğutma sıvısı açma kapama işlemi

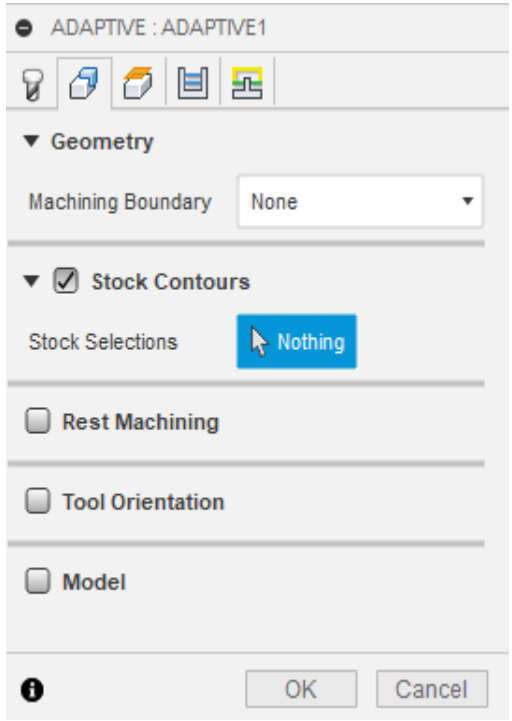
Feed & Speed
Spindle Speed: İş Mili hızı (rpm)
Surface Speed: Kesme ilerlemesi (m/min)
Ramp Spindle Speed: Rampa (talaşa girme) esnasındaki iş mili hızı (rpm)
Cutting Feedrate: Kesme ilerlemesi (mm/min)
Feed per Tooth: Diş başı ilerleme (mm)
Lead-In Feedrate: Parçaya yaklaşma anındaki ilerleme (talaşa giriş ilerlemesi) (mm/min)
Lead-Out Feedrate: Parçaya uzaklaşma anındaki ilerleme (talaştan çıkış ilerlemesi) (mm/min)
Ramp Feedrate: Rampa ilerlemesi (mm/min)
Plunge Feedrate: Talaşa dalma ilerlemesi (mm/min)
Feed per Revolution: Devir başına ilerleme (mm)

Shaft & Holder
Takım ve takım tutucu denetimi

Görsel 2.3. Tool sekmesi ve ifadelerinin açıklamaları

2.1.2 İş parçası üzerinde işlem bölgelerini tanımlama menüsü

İşlenecek parçanın işlem bölgelerini seçim parametrelerinin tanımlama işlemleri Geometry sekmesinde yapılmaktadır.



Geometry: İş parçası üzerindeki işlenecek bölgelerin seçimi

Machining Boundary: İşleme sınırı seçimi

Rest Mashining: Bir önceki takım veya operasyon ile işlenemeyen yerleri işleme

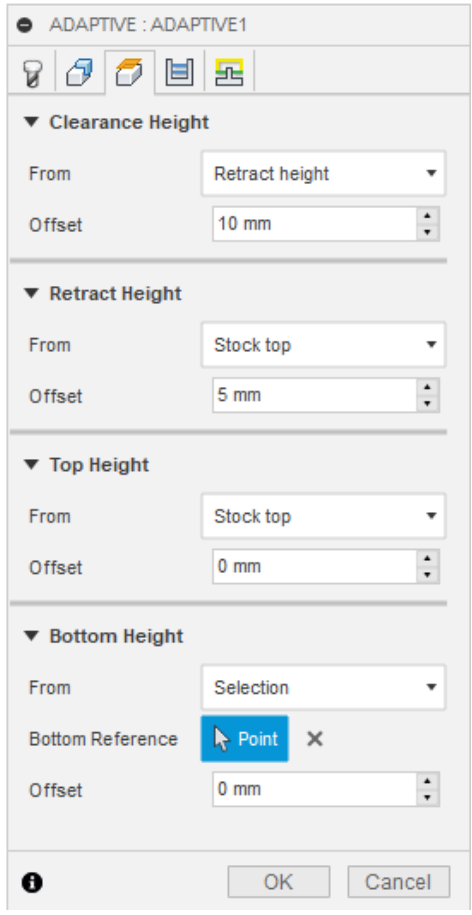
Tool Orientation: Kesici takım pozisyonu konumlama seçeneği

Model: Ayarlama haricinde model üzerinde işlem bölgeleri tanımlayabilme seçeneği

Görsel 2.4. Geometry sekmesi ve ifadelerinin açıklamaları

2.1.3 Kesme yüksekliklerini tanımlama menüsü

İşlenecek parçanın üzeindeki kesme yükseklikleri parametrelerinin tanımlama işlemleri Heights sekmesinde yapılmaktadır.



Clearance Height: Emniyet mesafesi yüksekliği

Retract Height: Geri kaçma mefesi yüksekliği

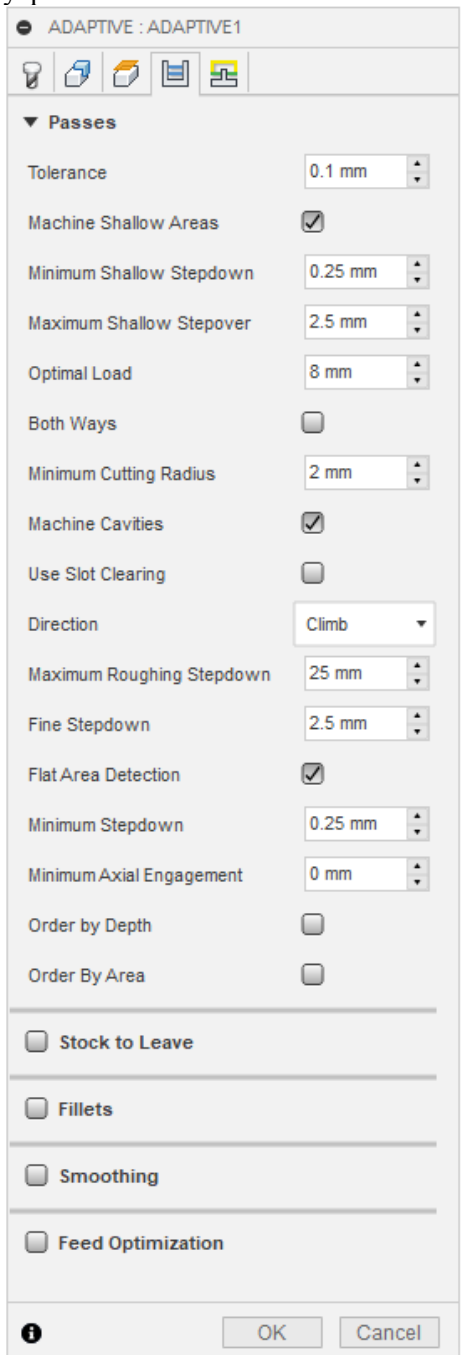
Top Height: İş parçası üst yüzey mesafesi yüksekliği

Bottom Height: İş parçası işleme derinliği mesafesi

Görsel 2.5. Heights sekmesi ve ifadelerinin açıklamaları

2.1.4 Kesme değerlerini tanımlama menüsü

İşlenecek parçanın üzeindeki kesme değerlenrinin tanımlanma işlemleri Passes sekmesinde yapılmaktadır



Passes: Talaş kaldırma parametrelerini tanımlama

Stock to Leave: İşleme payı değerlerini tanımlama

Fillets: Köşe yuvarlatmaları değerlerini tanımlama

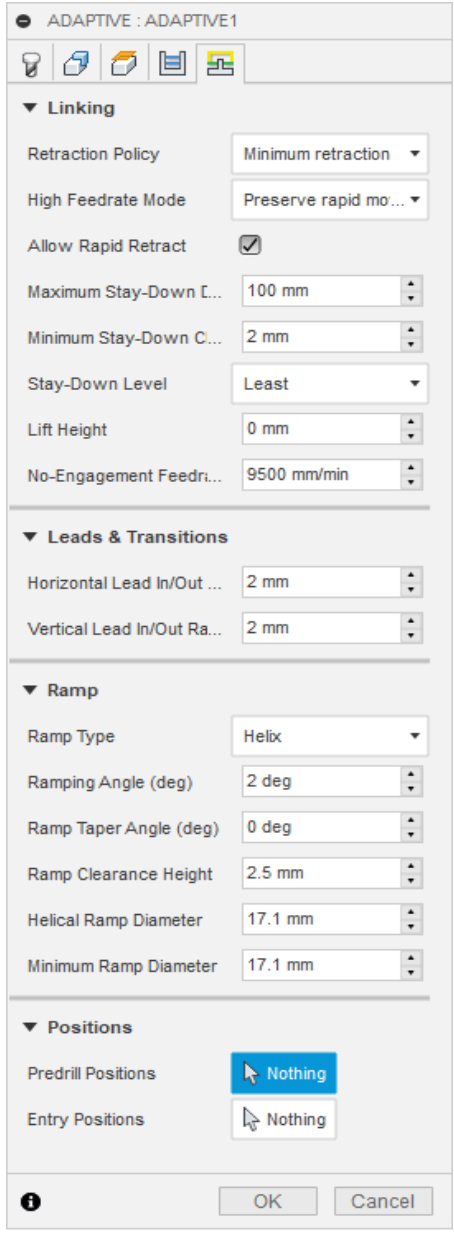
Smoothing: Takım yolu yumuşatma değerlerini tanımlama

Feed Optimization: Takım yolu kesme ilerlemesi optimizasyonu değerlerini tanımlama

Görsel 2.6. Passes sekmesi ve ifadelerinin açıklamaları

2.1.5 Kesici takımın parçaya giriş, çıkış mesafelerini ve takımyolu bağlantı değerlerini tanımlama menüsü

İşlenecek parçanın işlenmesi esnasında, kesici takımın parçaya giriş, çıkış mesafelerini ve takımyolu bağlantı değerlerini tanımlama işlemleri Linking sekmesinde yapılmaktadır.



Linkinkg: Takım yolu bağlantıları değerlerini tanımlama

Leads &Transitions: Kesici takımın iş parçasına yaklaşmak için giriş çıkış mesafelesi değerlerini tanımlama

Ramp: Keisci takımın iş parçası üzerinde talaş kaldırma işlemi esnasında kullanılacak talaşa girme biçimini tanımlama

Position: Kesicinin parça üzerinde talaşa giriş pozisyonunu tanımlama

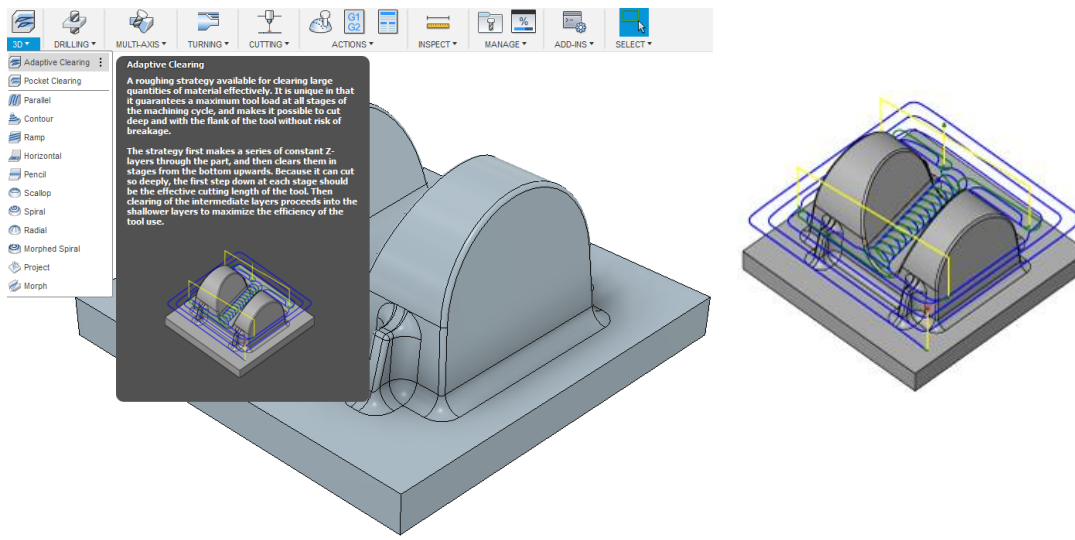
Görsel 2.7. Linking sekmesi ve ifadelerinin açıklamaları

2.2. Adaptive Clearing

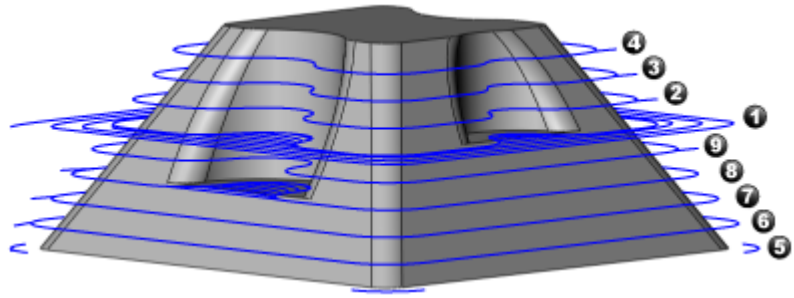
Üç boyutlu parçaların üzerinden daha verimli ve yüksek hızlı talaş kaldırma işlemleri yapabilmek için geliştirilmiş moder bir kaba işleme yöntemidir. Maksimum talaş kaldırma derinliği, optimum takım yüklemesini ve optimum takım ömrünü sağlayabilmek için katman katman ve yanal kesme hedeflenerek talaş kaldırma işlemi için geliştirilmiş kaba işleme stratejisidir.

Stratejinin çalışma özelliği önce yüksek talaş derinliklerinde katman boşaltmalarını yapmak ve daha sonra yüksek adımlı katmanları yumuşatmak şeklindedir.

Özellikle parçaların çıkıntı kısımlarını işlemede dıştan talaşa yaklaşma yapılabildiği için maksimum verimlilikte talaş kaldırma işlemleri sağlanabilir. Bu kesme stratejisi ile büyük parçalarda daha yüksek verimlilik elde edebilmek için önce daha büyük çaplı takımlarla ve daha yüksek talaş derinliklerde boşaltmalara yapılarak daha yüksek işleme etkileri sağlanabilir. Büyük takımlar ile kaba boşaltmaları yaptıktan sonra, kaba katmanların arasını yumuşatmak için daha küçük takımlar ile ara kaba işlemleri uygulanarak işleme verimliliği konusunda daha etkili sonuçlar da elde edilebilir.



Görsel 2.8 : Adaptive Clearing işleme seçimi ve işleme yöntemi

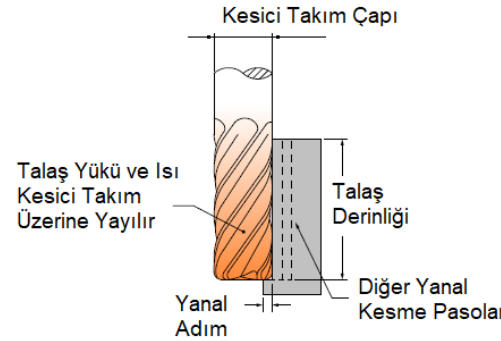


Görsel 2.9. Adaptive Clearing işleme yöntemi esas talaş derinliği seviyesi ve katman yumuşatma talaş derinliği seviyeleri

Adaptive Clearing tekiniği kullanılarak yapılacak kaba talaş kaldırma işlemleri için tavsiye edilen koşullar işlenecek malzeme ve kesici takım özelliklerine göre alttaki gibi tanımlanabilir.

Kesme Koşulları

- **Çelik ve Alaşımlı Çelik**



Talaş derinliği, kesici takım çapının 2.5 katı veya kesici kesme boyu uzunluğu ile aynı olabilir.

Çelik malzemelerde yanal adım takım çapının % 20'si kadar kullanılabilir.

Alaşımlı çeliklerde yanal adım Kesici takım çapının %10 nu geçmemelidir.

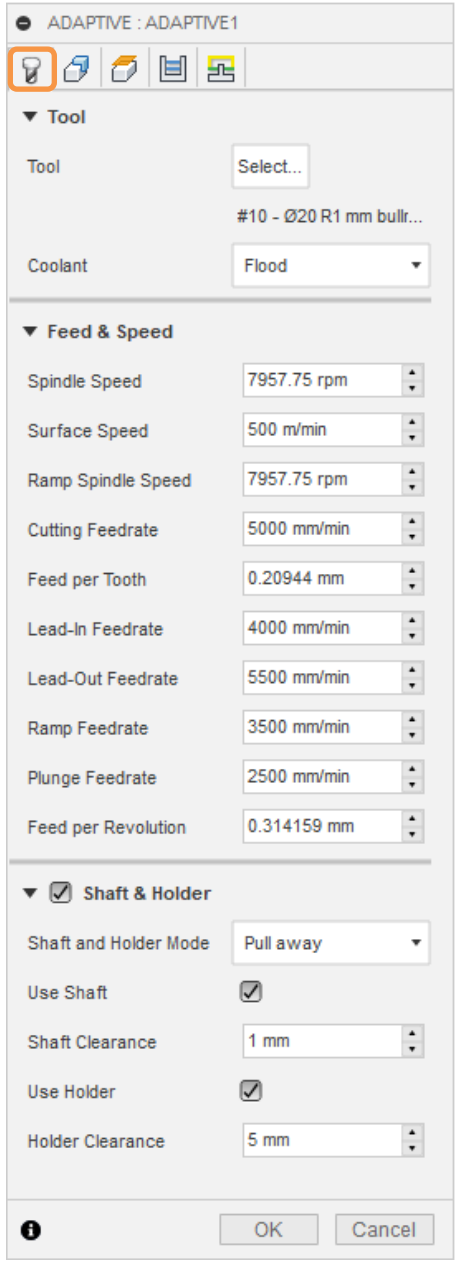
- **Yumuşak metaller ve Plastiklerde Alüminyum**

Kesme derinliği takım çapının 2.5 katı olması önerilirlebilir, ancak kesici takım oluk uzunluğu bu değerden kısa ise kesici takım oluk uzunluğu kadar olabilir.

Yanal adım takım çapının %30'u kadar önerilir, bazı durumlarda takım çapının %50'sine talaş kaldırma şartları elde edilebilir.

Bu tür işleme stratejileri için geliştirilmiş kesici takımlar için bu koşullar geçerlidir. Bu işleme stratejisi için geliştirilmemiş, çok kanallı kesici takımlar, yukarıdaki yanal adımların yarısına veya daha düşük değerde ayarlanmalıdır.

2.2.1. Kesici takım seçimi ve kesme parametrelerini tanımlama menüsü ve açıklamaları



Tool
Tool Select: Takım seçim işlemi
Coolant: Soğutma sıvısı açma kapama işlemi

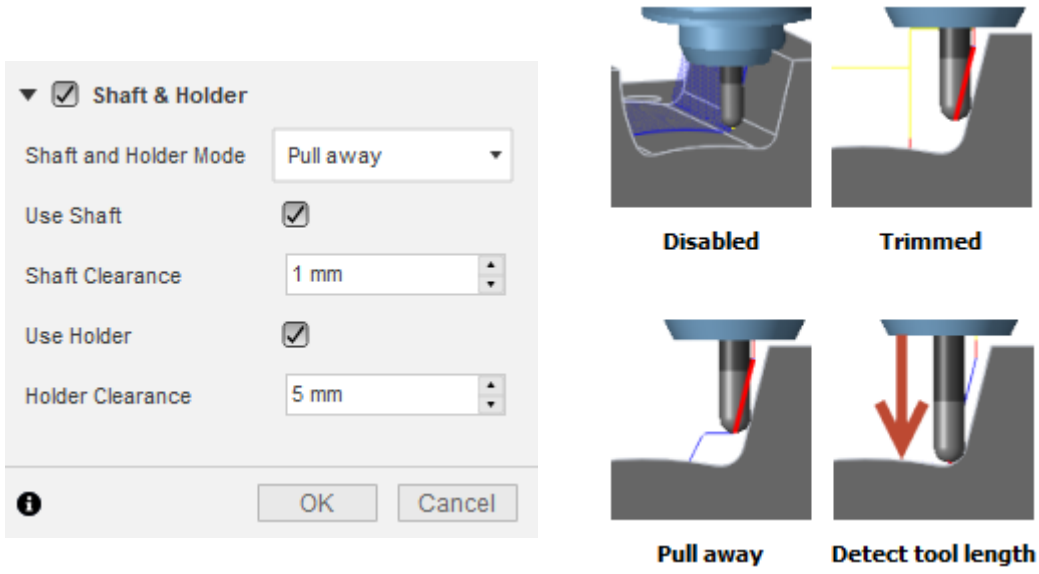
Feed & Speed
Spindle Speed: İş Mili hızı (rpm)
Surface Speed: Kesme ilerlemesi (m/min)
Ramp Spindle Speed: Rampa (talaşa girme) esnasındaki iş mili hızı (rpm)
Cutting Feedrate: Kesme ilerlemesi (mm/min)
Feed per Tooth: Diş başı ilerleme (mm)
Lead-In Feedrate: Parçaya yaklaşma anındaki ilerleme (talaşa giriş ilerlemesi) (mm/min)
Lead-Out Feedrate: Parçaya uzaklaşma anındaki ilerleme (talaştan çıkış ilerlemesi) (mm/min)
Ramp Feedrate: Rampa ilerlemesi (mm/min)
Plunge Feedrate: Talaşa dalma ilerlemesi (mm/min)
Feed per Revolution: Devir başına ilerleme (mm)

Shaft & Holder
Shaft an holder mode: Kesici takım sap kısmı ve takım tutucu çarpma denetimi
Use Shaft: Kesici takım tutucu sap kısmı çarpışma denetimi
Shaft Clearance: Kesici takım sap kısmı çarpışma emniyet mesafesi
Use holder: Kesici takım tutucu çarpışma denetimi
Holder Clearance: Kesici takım tutucu çarpışma emniyet mesafesi

Görsel 2.10. Kesici takım kesme parametreleri tanımlama menüsü

2.2.1.1. Kesici takım sap kısmı ve kesici takım tutucu denetimi

İşleme stratejisine bağlı olarak beş farklı kesici takım ve tutucu modundan birini seçebilirsiniz. Hem takım şaftı hem de tutucu için çarpışma işlemi yapılabilir ve ayrı ayrı açıklıklar emniyet tanımlamaları yapılabilir.



Görsel 2.11. Kesici takım sap kısmı ve kesici takım tutucu çarpışma denetimi seçenekleri

Disabled: Kesici takım sap kısmı ve takım tutucu denetimi kapalı. Çarpışmaları göz ardı ederek takım yollarını oluşturur.

Pull away: Takım yolu hesaplamaları esnasında kesici takım sap kısmı ve kesici takım tutucu için girilen emniyet mesafeleri kadar parçaya yaklaşır ve çarpışmaların önlenmesi sağlanır.

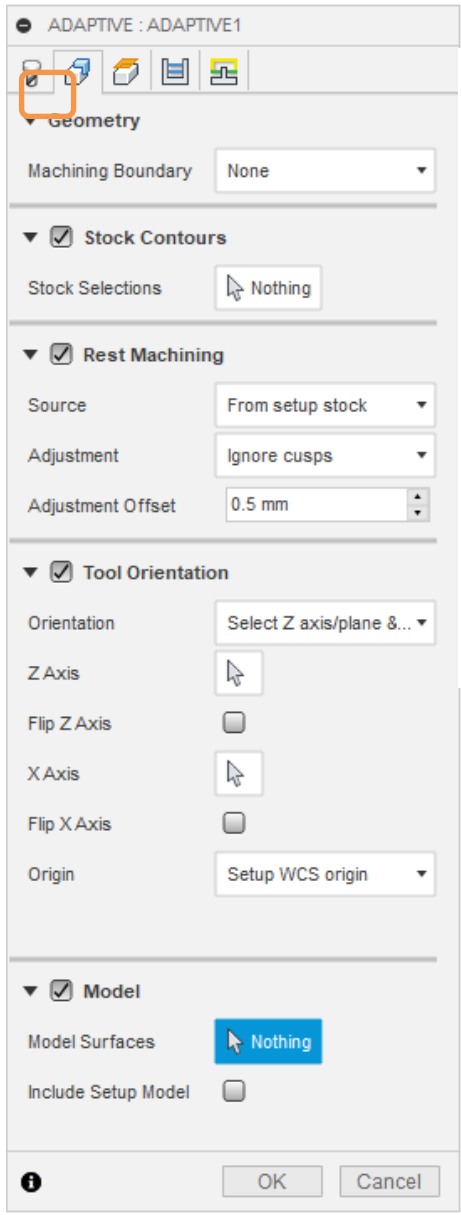
Trimmed: Takım yolu hesaplamaları esnasında kesici takım sap kısmı ve kesici takım tutucu çarpışmaları tespit edilirse takım yolunu budar ve çarpışmaların önlenmesi sağlanır.

Detect tool lenght: Kesici takım tutucusu ile iş parçası arasında belirtilen güvenli mesafeyi korumak için kesici takım sap kısmını, kesici takım tutucusundan otomatik olarak uzatır. Kesici takımın boyunun, kesici takım tutucusundan ne kadar uzadığını ifade eden bir mesaj kayıt günlüğüne kaydedilir.

Fail on collision: Takım yolu işlemi herhangi bir çarpışma algılandığında, takım yolu hesaplanmaz.

2.2.2. İş parçası üzerinde işlem bölgele sınırlarının seçimi menüsü ve açıklamaları

İşlem yapılacak parça üzerinden, yüzey veya işleme alanı kenarları seçilerek işlem yapılabilir. Belirli sınırlar içinde işlem yapabilimek için ise sınır tanımlama işlemi yapılmalıdır. Görsel 2.3 de oluşturulan sınır alan çizgisi ve işleme sonunda ki takım yolu görülmektedir. Bu sınır çizgisi Stock Contours sekmesi aktif edilerek seçilir.



Geometry: İş parçası üzerindeki işlenecek bölgelerin seçimi

Stock Contours: İşleme yapılacak kütük sınırlarının seçimi

Rest Machining: Bir önceki operasyodan veya kesici takımın işleyemediği yerleri işleme

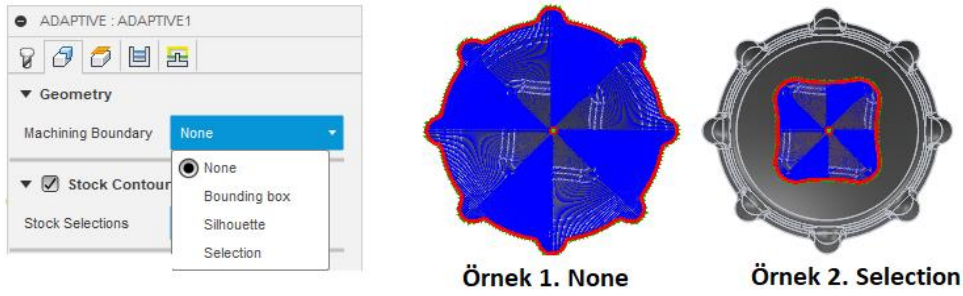
Tool Orientation: Kesici takım pozisyon konumlama işlemi

Model: Ayarlama esnasında seçilmiş olan iş parçası üzerinden yüzey seçerek işlem yapılabilme seçeneği

Görsel 2.12. İş parçası üzerinde işlem bölgelerinin seçimi ve açıklamaları

2.2.2.1. İş parçası üzerinde işlecek bölgele sınırlarının seçimi

Üç boutlu parçaların işlenmesi sürecinde işlenecek geometrileri sınırlarının (Machining Boundary) tanımlanması için dört farklı yöntem kullanılabilir.



Görsel 2.13. İş parçası üzerinde işlem bölgelerinin seçme biçimleri

- **None seçeneği**

Parça üzerinde herhangibir seçme limiti yok. Kesici takım ile parçanın ulaşılabilir her yerinden talaş kaldırılabilir.

NOT: None seçim yöntemi bütün işleme seçeneklerinde bulunmayabilir.

- **Bounding box seçeneği**

Parça sınırlarına göre oluşacak ve parçayı kapsayacak diktörtgen kesitli prizma biçiminde seçime bağlı olarak takım yolları hesaplanır ve kesici takım hareketleri sağlanır.

- **Silhoette seçeneği**

Parça işleme yönüne dik, parçanın en dış formuna göre oluşan gölge sınırlarının oluştudu işleme bölgesi (Parça dış sınırlarının Silueti). Kesici takım bu bölge içinde hareket ederek çalışır.

Dikkat: Silhoette seçeneği Adaptive Clearing yönteminde desteklenmemektedir.

- **Selection seçeneği**

Parça üzerinde kullanıcı tarafından tanımlanan işleme bölgesi, takımyolları bu bölge içinde oluşturulur.

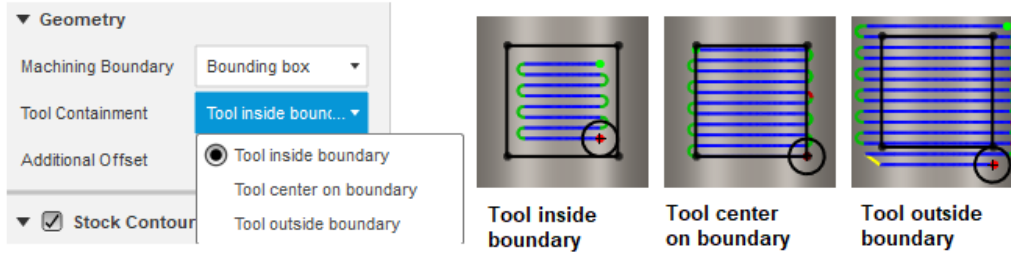
Görsel 2.14. İş parçası üzerinde işlem bölgelerinin seçme biçimleri

İşleme yapılacak bölge sınırlarının seçimine göre kesici takım hareket sınırlamaları

Kesici takım hareket sınırlamaları seçilen işleme bölgesi sınır seçimine göre belirlebilmektedir. Kesici Takım hareket sınırlama seçenekleri Bounding box, silhoette ve selection seçeneklerinde birisi seçildiğinde kullanılabilir hale gelmektedir.

Kesici Takım hareket sınırlamaları üç değişik sekilde sınırlandırılabillir.

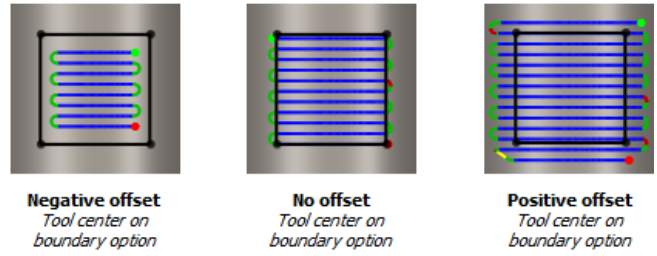
- **Tool inside boundary:** Kesici takımın kenarı sınırın içinde kalacak şekilde hareket eder, böylece parçanın her yeri işlenmemiş olabilir.
- **Tool center on boundary:** Kesici takım merkezi sınır çizgisine denk gelecek şekilde hereket eder, böylece sınır içinde kalan her yer işlenmiş olur, hatta sınır dışında kalan bazı yerler de işlenebilir.
- **Tool outside boundary:** Kesici takım kenarı sınır çizgisine temas ederek, sınır çizgisinin dışına taşacak şekilde işlem yapar.



Görsel 2.15. İş parçası işleme bölgesi sınırları ve kesici takım hareket sınırlarını seçenekleri

Kesici takım hareket sınırlarını kontrol edebilmek için kasici takım sınır ayarlama payları da kullanılarak, hareket sınırları kontrolleri sağlanabilimektedir. Adiditional Offset kısmına girilecek değerler ile kesici takım hareket sınırları ötelenebilmektedir.

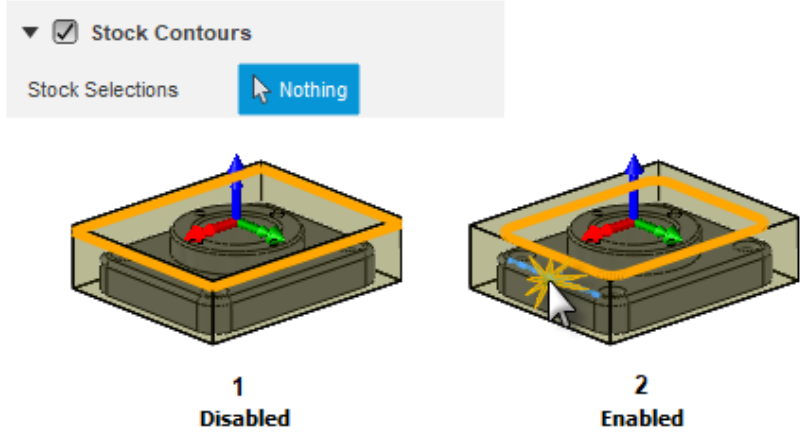
- **Negative offset:** Kesici takım merkezi işleme bölgesi sınırdan içeri doğru ötelenmiş.
- **No offset:** Kesici takım merkezi ile işleme bölgesi sınırı çakışık, herhangi bir öteleme yok.
- **Positive offset:** Kesici takım merkezi işleme bölgesi sınırdan dışarı doğru ötelenmiş.



Görsel 2.16. İş parçası işleme bölgesi sınırları ve kesici takım hareket sınırlarının ötelenmesi değerleri tanımlama seçenekleri

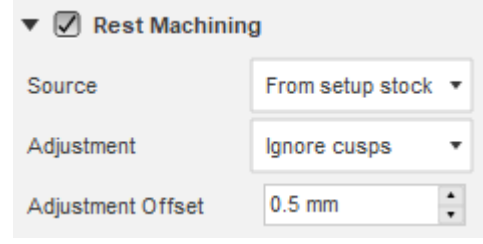
2.2.2.2. İşleme yapılacak kütük sınırlarının seçimi

İşleme alanı ve işleme sınırı belirlemek için Stock Contours sekmesi aktif edilir. Eğer hiçbir seçim yapılmaz ise daha önce belirlenen stok tanımına göre takım yolu hesaplaması yapacaktır (1). Eğer iş parçası kenarları veya tüzeyler seçilip sınır tanımlanacak ise Nothing seçeneğine ile sınır tanımlama işlemi yapılır(2).



Görsel 2.17. İş parçası üzerinde işleme sınırlarını tanımlama

2.2.2.3. Bir önceki operasyon veya kesici takımın işleyemediği yerleri işleme



Bir önceki operasyon ve kesici takımın işleyemediği yerleri, bir sonraki daha küçük Kesici takımın ile işlenmesi için Rest Machining seçeneği kullanılır. Rest Machining bir önceki işlemde kullanılan daha büyük çaplı kesici takım ile iş parçası üzerinde işlenemeyen bölgeleri işlemek için daha küçük çaplı bir takım ile işlemek gerektiği durumlarda kullanılması uygundur. Bu durum işleme zamanı yönünden fayda sağlar ve daha küçük çaplı kesici takımların daha verimli ve uzun ömürlü kullanılmasını sağlayabilir.

Bu işlemin uygulanabilmesi için kullanılabilecek yöntemler şöyle sıralanabilir.

- **Source sekmesi**

Hangi koşullara göre kalan talaş hesaplaması yapılacak

- **From previous operation(s):** Bir önceki operasyona göre kalan işlenmemiş bölge hesaplama işlemi.
- **From file:** Tanımlanan kalan işlenmemiş bölge dosyasına göre, kalan işlenmemiş bölge hesaplama işlemi.
- **From solids:** Katı modele göre kalan işlenmemiş bölge hesaplama işlemi
- **From setup stock:** Tanımlanmış kütüğe göre kalan işlenmemiş bölge hesaplama işlemi.

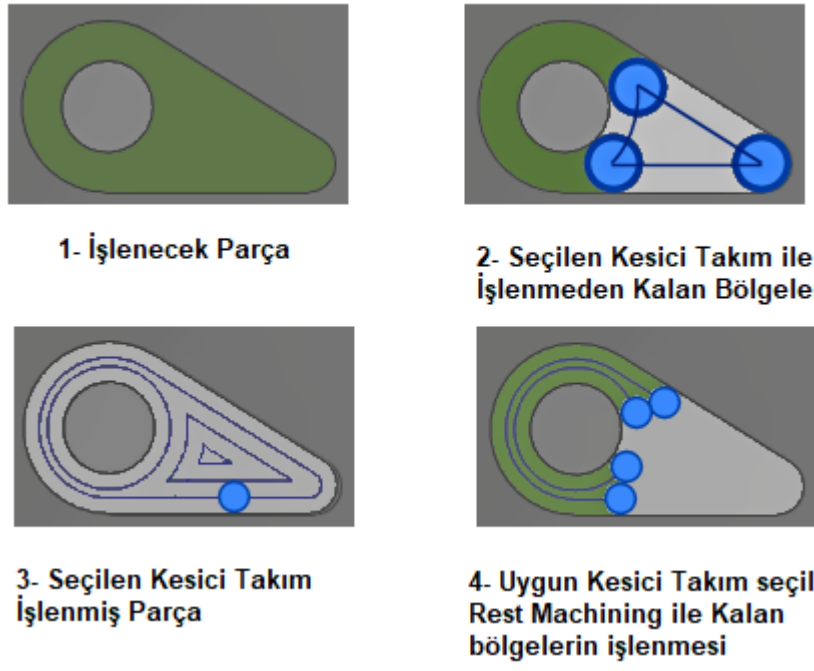
➢ **Adjustment sekmesi**

Kalan işlenmemiş talaş hesaplama işleminde hangi şartlara göre hesaplama yapılılacak; Küçük yüzey pürüzlülükleri hesaplanacak mı veya yüzey pürüzlükleri işlenecek mi gibi seçenekleri belirtilebiler

- **Use as computed:** Kalan işlenmemiş bölge hesaplama işlemlerini hesaplanan değere göre yap.
- **Ignore cusps:** Kalan işlenmemiş bölge belirtilen payları göz ardı ederek hesaplamaları yap.
- **Machine cusps:** Kalan işlenmemiş bölge yüzey işlenecek şekilde payların hesaplamasını yap.

➢ **Adjustment Offset seçeneği**

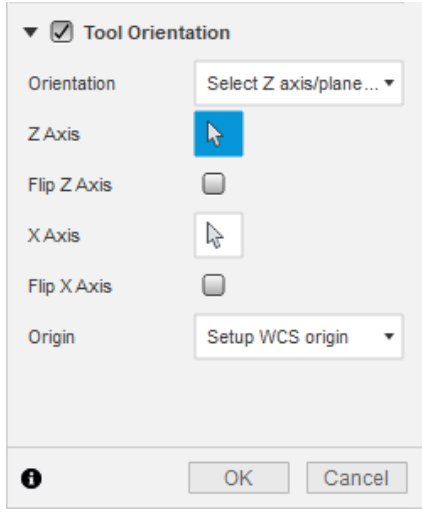
Bu parametre işlenecek parça üzerinde göz ardı edilmesi gereken ya da parça üzerinde kalması gereken seçenekleri tanımlar. Bu operasyonnun yürütülmesi durumunda parça üzerinde bırakılması gereken pay miktarı belirtilebilir.



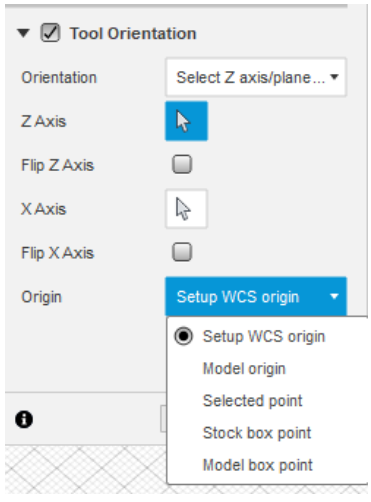
Görsel 2.18. Bir önceki operasyona göre kalan işlenmemiş bölge hesaplamama işlemi

2.2.2.4. Kesici takımın pozisyon konumlaması

Kesici takımın işlecek yüzeylerine göre konumlanması Tool Oriantation sekmeden yapılır. Kesici takımın konumlanması işlemine özellikle 3 + 2 eksen işlemlerde gerek duyulmaktadır. Açılı yüzeylere sahip parçaların işlenmesi için çok eksenli tezgahlarda işlem yapılması gerektiğinde, kesici takımın işlem yüzeyine dik pozisyonda konumlanması gerekmektedir.

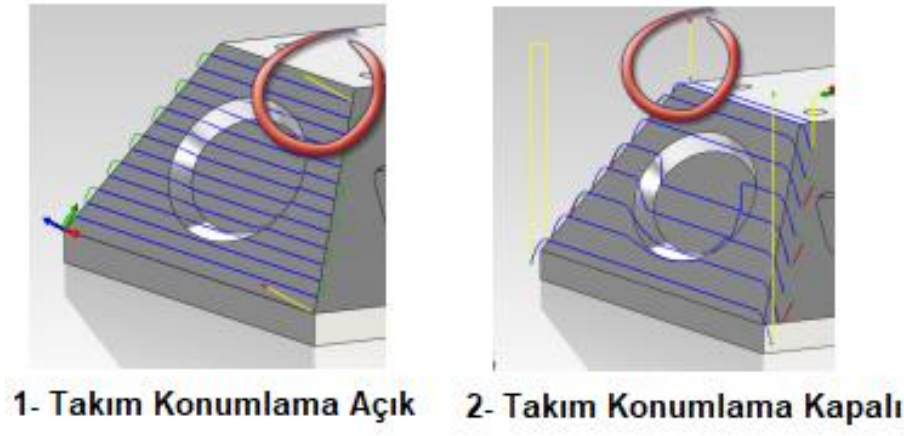


Setup WCS orientation: Takım yönlendirmesi için geçerli kurulumun iş parçası koordinat sistemini (WCS) kullanır.
Model orientation: Takım oryantasyonu için geçerli koordinat sistemini (WCS) kullanır.
Select Z axis/plane & X axis: Z eksenini tanımlamak için bir yüz veya kenar seçilir ve X eksenini tanımlamak için başka bir yüz veya kenar seçilir. Hem Z hem de X eksenleri 180 derece döndürülebilir.
Select Z axis/plane & Y axis: Z eksenini tanımlamak için bir yüz veya kenar seçilir ve Y eksenini tanımlamak için başka bir yüz veya kenar seçilir. Hem Z hem de Y ekseni 180 derece döndürülebilir.
Select X & Y axis: X eksenini tanımlamak için bir yüz veya kenar seçilir ve Y eksenini tanımlamak için başka bir yüz veya kenar seçilir. Hem X hem de Y eksenleri 180 derece döndürülebilir.
Select coordinate system : Bu işlem için modeldeki tanımlanmış bir kullanıcı koordinat sisteminden belirli bir takım yönü belirler. Bu, mevcut koordinatın hem başlangıç noktasını hem de yönelimini kullanır.



Setup WCS origin: Takım sıfır noktası için geçerli kurulumun iş parçası koordinat sisteminini (WCS) kullanır.
Model origin: Takım sıfır noktası için geçerli bölümün koordinat sistemini (WCS) orijini kullanır.
Selected point: Sıfır noktası için bir köşe veya kenar seçilir.
Stock box point: Sıfır noktası için stok sınırlama kutusundan bir nokta seçilir.
Model box point: Sıfır noktası için model sınırlayıcı kutusundan bir nokta seçilir.

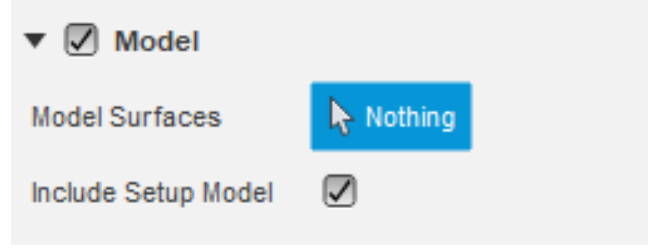
Görsel 2.19. Kesici takımın yüzeye göre konumlandırılması seçenekleri



Görsel 2.20. Kesici takımın yüzeye göre konumlandırılmasının takım yoluna etkisi

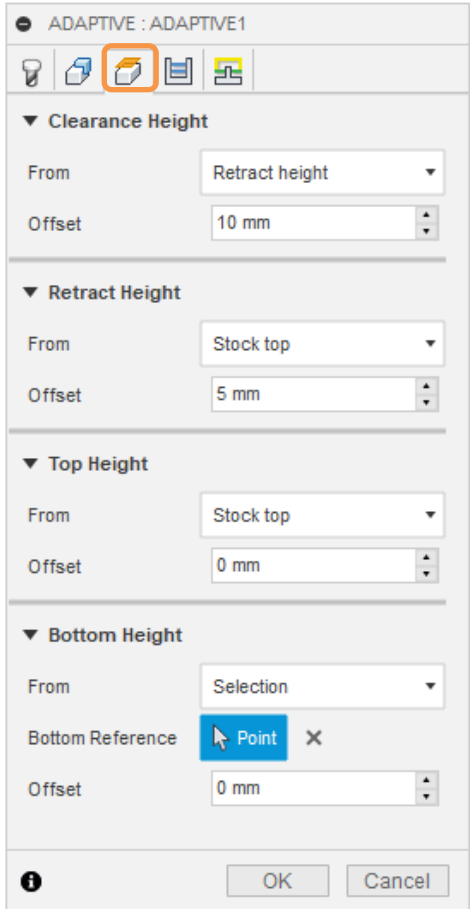
2.2.2.5. İş parçası üzerinden seçim yaparak işleme yapmak

Model seçeneği işaretlenerek tanımlanmış olan iş parçası modeli üzerinden özel işlenmesini istediğimiz yüzey bölgelerini seçerek takım yolu hesaplamaları yapılabilir. İşlenmesi istenen yüzeyler Model Surface Nothing seçeneği ile seçilerek işlenmesi sağlanabilir. Include Setup Model seçeneği işaretli durumda ise ayarlanmış olan modelin tamamı algılanarak takımyolu hasaplamaları gerçekleştirilir. Include Setup Model seçeneği işaretlenmez ise sadece seçilen yüzey dikkate alınarak takımyolu hesaplama işlemi yapılır.



2.2.3 Kesme yüksekliklerini tanımlama sekmesi ve açıklamaları

İşlenecek parçanın üzeindeki kesme yükseklikleri parametrelerinin tanımlama işlemleri Heights sekmesinde yapılmaktadır.



Clearance Height: Emniyet mesafesi yüksekliği

Retract Height: Geri kaçma mefesi yüksekliği

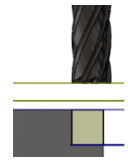
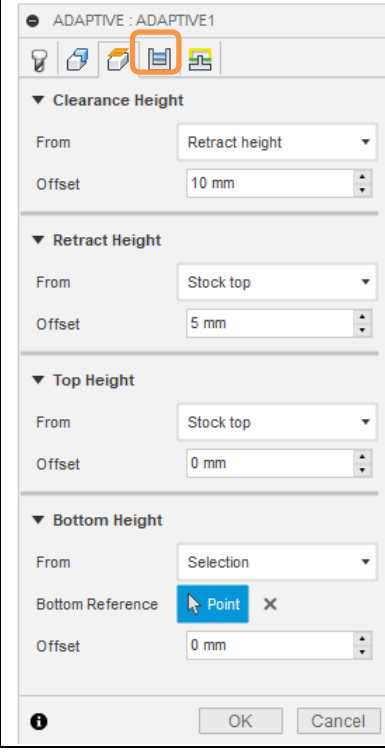
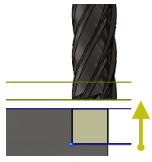
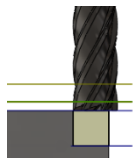
Top Height: İş parçası üst yüzey mesafesi yüksekliği

Bottom Height: İş parçası işleme derinliği mesafesi

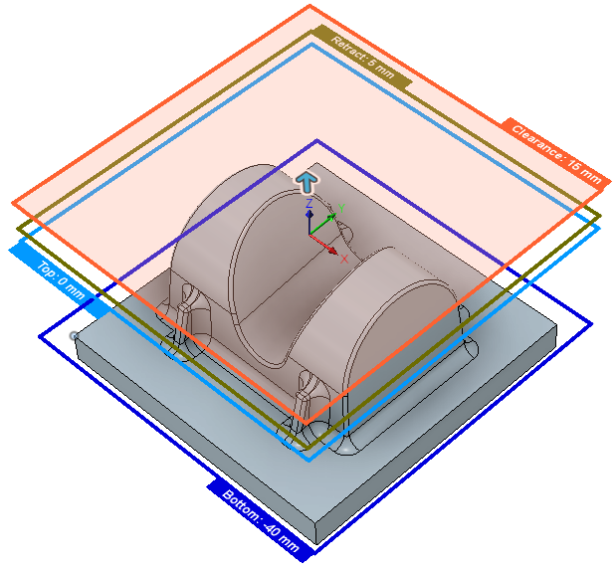
Görsel 2.21. Heights sekmesi ve ifadelerinin açıklamaları

2.2.3.1. Yükseklik ayarları

Bu kısımda kesicinin iş parçasına hangi mesafeden kesmeye başlayacağı, kesmenin hangi seviyede biteceği gibi kesicinin iş parçası üzerindeki kesme yükseklikleri girilir. İş parçasının istenilen seviyesinde kesme bitirilebilir veya istenilen seviyesinde kesme başlatılabilir. Bütün bu değişik ihtimaller bu kısımda değer olarak tanımlanır. Eğer hiçbir seçim yapılmaz ise iş parçası ve tanımlanan kütüğe göre takım yolu oluşturulur.

	**Clearance Height:** Emniyet yüksekliği Tezgahın boşta hareketleri yapacağı yükseklik	
	**Retract Height:** Geri kaçma yüksekliği Parçadan minimum uzaklaşma yüksekliği	
	**Top Height:** Üst yükseklik Kesmeye başlanacak yükseklik	
	Bottom Height: Alt yükseklik Parça üzerinde işlenecek maksimum yükseklik (derinlik)	

Görsel 2.22. Temel yükseklik açıklamaları ve etkileşimleri



Görsel 2.22. Yüksekliler, konumları ve renkleri

Yükseklik seçeneklerini etkileyen elemanlar ve tanımlamaları

Clearance Height: Emniyet Mesafesi yüksekliği.

Retract Height: Parçadan uzaklaşma (Geri kaçma) yüksekliği

Top Height: Üst yüksekliği.

Bottom Height: Taban yüksekliği

Model top: Parça üst yüksekliğini.

Model bottom: Parça taban yüksekliği.

Stock top: Kütük üst yüksekliğini.

Stock bottom: Kütük alt yüksekliğini

Selected contour(s): Seçilen progfilin yüksekliği

Selection: İş parçası üzerinden seçilen geometrik elemana kadar.

Origin (absolute): Parça sıfır noktasını referans olarak kabul ve girilen mesafelere göre yükseklikler etkilenir.

Dikkat:

From kısmından seçilecek ifade ile yükseklik başlangıcının hangi değerden itibaren etkilenebileceği tanımlanabilir.

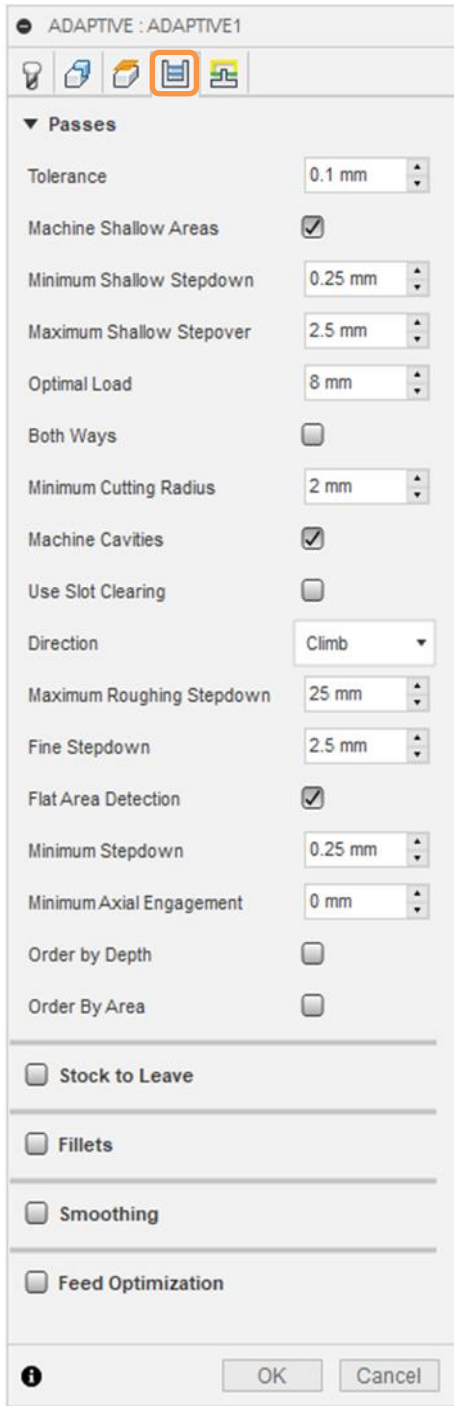
Offset kısmına girilen (+) değer kadar yüksekliği azaltır, girilen (–)değer kadar ise yüksekliği arttırır. (+) değer parça sıfır notasına yaklaşır, (-)değer parça sıfır noktasından uzaklaşır.

2.2.4. Kesme değerlerini tanımlama menüsü ve açıklamaları

Bu kısımda parça üzerinden yapılacak talaş kaldırma işlemlerinin hangi değerler ile yapılacağı, işleme toleranslarının hangi değerlerde olacağı, parça üzerinde talaş kaldırma sürecinde pay bırakılıp bırakılmayacağı gibi tanımlamalar yapılabilmektedir.

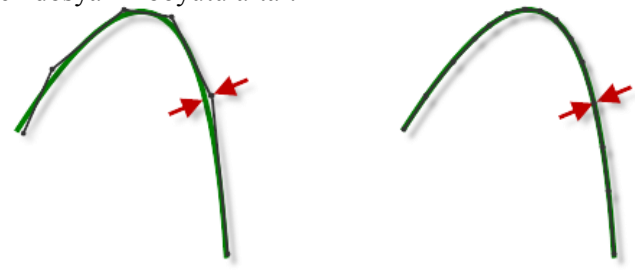
2.2.4.1. Passes

Talaş kaldırma işlemlerinin nasıl yapılacağı bilgilerinin tanımlandığı bölümdür



➢ Tolerance

İşleme toleransını belirlemek için kullanılır. Kaba işlemelerde 0.1 değeri kabul edilebilir değerdir, ancak işleme yöntemi hesaplama zamanını hızlandırmak için 0.5 değerine kadar da işlenecek parça özelliklerine göre tolerans değeri kullanılabilir. Finiş işlemelerde 0.05 mm ile 0.01 mm arasında değerler ise kabul edilebilir değerlerdir. Yüzey kalitesine etki eden bir faktördür. Değer küçüldükçe işleme zamanı ve oluşan NC kodlarını içerek dosyanın boyutu artar.



Tolerance 0.1 *Tolerance 0.01*

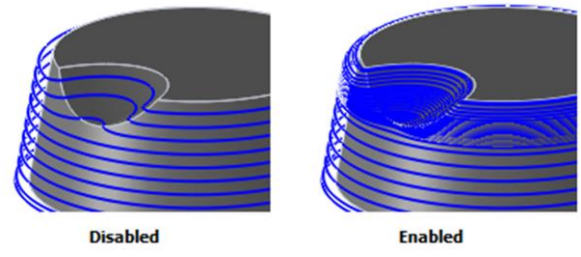
Görsel 2.23. İşleme toleransı sonuçları

➢ Machine Shallow Areas

Formlu bölgelerde daha düşük talaş derinlikleri ile yüksek kaba talaş derinliklerini yumuşatmak için kullanılabiliecek seçenek.

Minimum Shallow Steptown: Yümuşatma talaş paso derinliği.

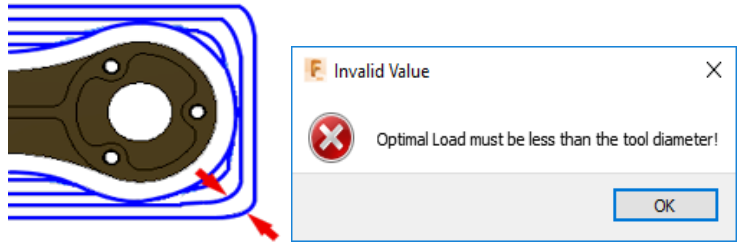
Maximum Shallow Stepover: Yumuşatma talaşı yanal adımı



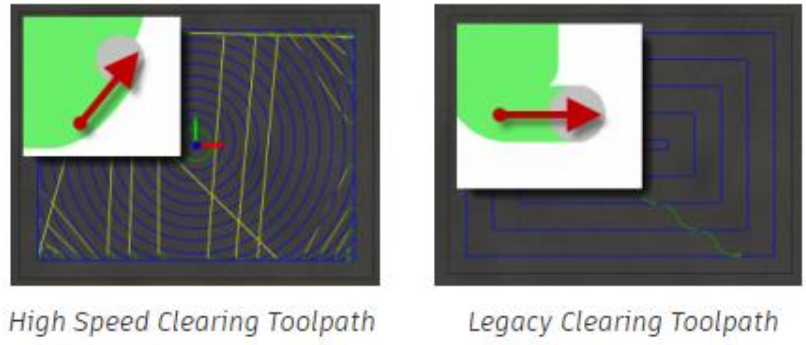
Görsel 2.24. Formlu yüzey talaş yumuşatma seçenekleri

➢ **Optimal Load**

Kesme esnasında Kesici takım yanal adım değeri olarak ifade edilebilir. Geleneksel işleme yöntemine göre işleme zamanı açısından %40 yakın verimli işleme zamanı sağlayabilmektedir. Yanal adım değeri kesici çapı ile doğrudan etkilidir. Adaptive Clearing yöntemiyle işleme yapma esnasında daha önce belirtilmiş değerlere dikkat edilerek Yanal adım değeri belirtilmelidir. Yanal adım olarak girilen değerin kesici çapından büyük girilmesi durumunda yazılım bu durumu bir uyarı penceresi ile kullanıcıya belirtir.



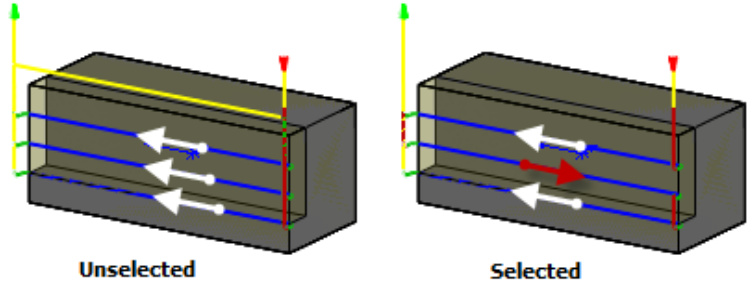
Görsel 2.25. Optimal Load ve hatalı kesici çapı girildiğinde karşımıza çıkan uyarı penceresi



Görsel 2.26. Yeni nesil kaba işleme ve geleneksel kaba işleme takım yolu ve kesici takım yükleri

➢ **Both Ways**

Kesme işlemi süresince kesici takımın çift yönlü kesme yapmasını sağlar. Kesme işlemi yapılırken kesici **Climb** ve **Conventional** kesmeyi birlikte yapar.



Görsel 2.27. Both ways seçeneği seçildiği ve siçilmediği zaman kesici takım hareketi

➢ **Minimum Cutting Radius**

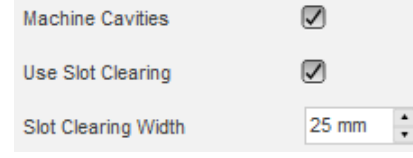
Kesici takımın talaş kaldırma esnasında köşe dönüşlerini yapacağı en küçük yarıçap değerini ifade eder. Köşe dönüşünü girilen değer kadar değer kadar yumuşatarak köşe dönüşünü yapar. Herhangi bir değer girilmez ise köşelere maksimum yaklaşarak dömüş işlemini yapar.

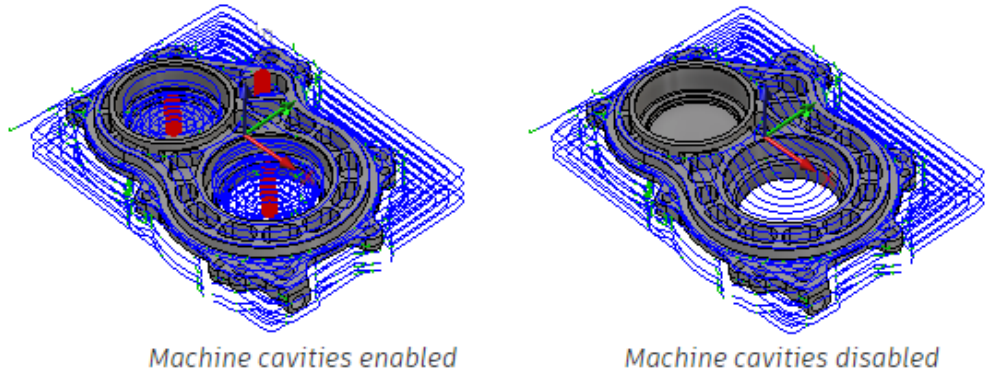
Not: Köşe en düşük dönüş yarıçapı değeri belirtmek, bir sonraki işlem veya bir sonraki takım için köşelerde fazla talaş yükü bırakır.

Görsel 2.28. Minimum Cutting Radius değerinin takım yoluna etkisi

➢ **Machine Cavities**

İşleme esnasında havuzları (Çukurları) işleme özelliği, bu seçenek seçilmediği zaman sadece çıkıntılar işlenebilir ve işlenmemiş havuzlar (Çukurlar) işlenmeden bırakılır.



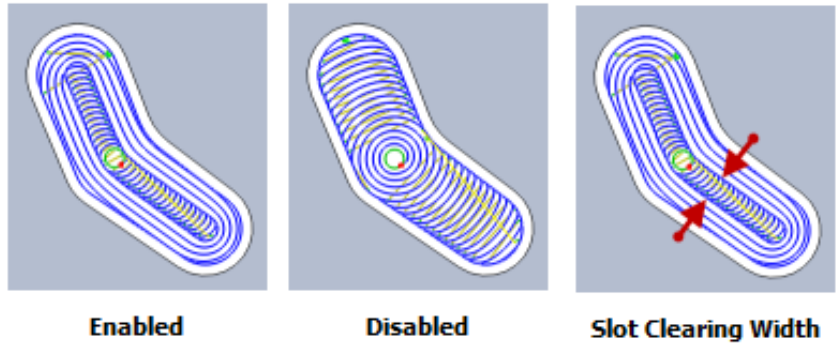


Görsel 2.29. Machine Cavities seçeneği açık(enabled) ve kapalı(disabled) halde etkisi

➢ **Use Slot Clearing**

Havuz işlemlerinde dolu talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımı rahatlatmak için yapılabilecek bir ön boşaltma işlemi, **Machine Cavities seçeneği seçildiği zaman, kullanılabilir.** Kesici takım havuz/çukur boşaltma işlemine başladığında esas talaş kaldırma işlemleri başlamadan önce yanal adımlarla ilerleyerek havuzun ortasında bir ön boşaltma işlemi yapar. Bu işlem kesici takımın geleneksel kesme yöntemlerinde olduğu gibi fazla zorlanmadan talaş kalırılması sağlanmış

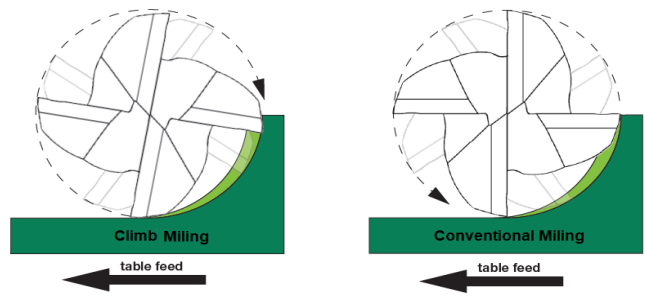
olur. Bu işlem Aynı zamanda köşelerde oluşabilecek talaş yüklerini de azaltabilir. Bu işlemin yapılabilmesi için kesicinin ne kadar genişlikte bir ön boşaltma yapması gerektiği ile ilgilli değer girilmelidir. Ön boşaltma işlemi için girilecek değer takım çapından büyük olmalıdır.



Görsel 2.30. Use Slot Clearing seçeneğinin aktif edilmeden ve aktif edildikten sonraki oluşan takım yolu ve ön boşaltma genişliği

- **Direction**

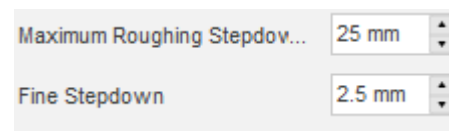
İşleme yönü seçeneği için iki tip yöntem vardır Climb (Aynı yönlü frezeleme) ve Conventional (Zıt yönlü frezeleme) işlemidir. Geometriye bağlı olarak takım yolu parçaya geometrisine uygun olarak sürekli tek yönlü kesme yapacak şekilde oluşturulur.

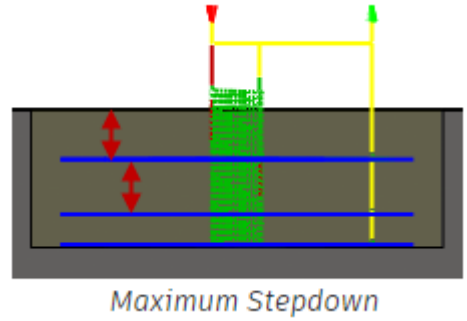


Görsel 2.31. Climb ve Conventional yöntemlerinde kesici takımın dönüş yönü ve iş parçasının bağlı olduğu tezgah tablasının hareket yönü

- **Maximum Roughing Stepdown**

Kaba işleme esnasında kesici takımın maksimum talaş derinliği değerini ifade etmektedir. Esas derinliğe ulaşıncaya kadar Z yönünde verilecek maksimum paso derinliğini değeridir.

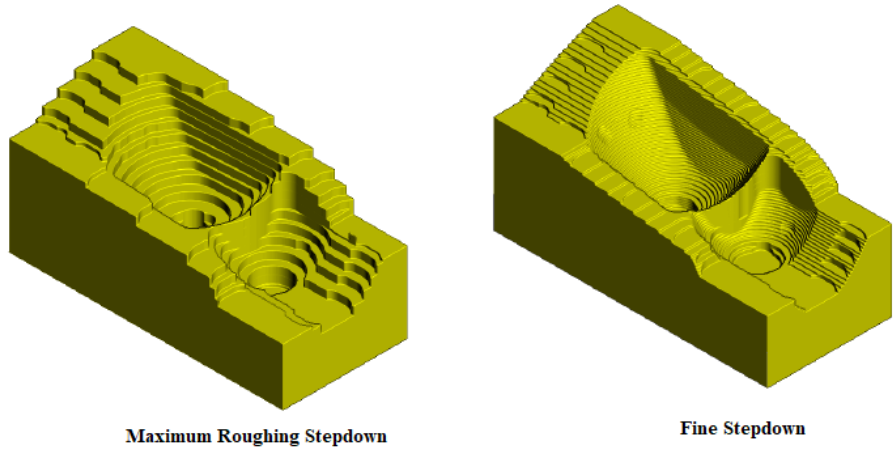




Görsel 2.32. Maksimum Roughing Stepdown değeri

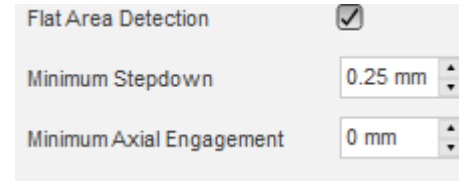
➢ **Fine Stepdown**

Kaba işleme esnasında kaba talaş maksimum derinliğininin, daha küçük talaş yüksekliği oluşturma işlemi değeridir. Z ekseni yönünde alttan yukarı doğru adım küçültme işlemi yapılmaktadır.



Görsel 2.33. Maksimum Roughing Stepdown ve Fine Stepdown işlemi uygulaması

➢ **Flat Area Detection**



Etkinleştirildiğinde, strateji düz alanların ve tepe noktalarının yüksekliğini algılar ve bu düzeylerden de talaş kaldırılması için takımyolu hesaplamaları yapılmış olur.

Devre dışı bırakılırsa, strateji tam olarak belirtilen adımlarla kesme işlemi yapılacak şekilde takım yolu hesaplamalarını yapar.

- **Minimum Stepdown**

  İşleme derinliği için belirlenen en düşük temizleme talaş derinliği değeri. Bu, izin verilen en küçük talaş derinliğidir.

- **Minimum Axial Engagement**

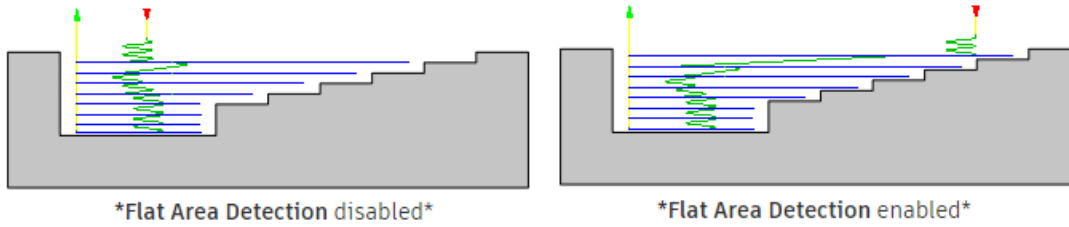
  Kesici takımın aşırı yüklenmesini önlemek ve takım aşınmasını azaltmak için takım yolu bağlantıları sırasında çarpmaları önlemek için en az bir işleme seviyesinin istenen bir yükseklikte gerçekleştirilmesi için bir değer girilmesi doğru olacaktır.

Dikkat: Ara adımları atlamak, takip eden ara kaba işleme için ilave talaş yükü bırakacaktır.

Örnek-1: Toplam kesme derinliğimiz 10mm olsun, her pasodaki talaş derinliğimiz 1mm olsun. 10mm kesme derinliğini 1mm talaş derinliği ile 10 tekrar da işlenmiş olur. Bu durumda Flat Area Detection seçeneğinin kullanılmasına gerek kalmaz.

Örnek-2: Toplam kesme derinliğimiz 10.3mm olsun, her pasodaki talaş derinliğimiz 1mm olsun. 10.3mm kesme derinliğini 1mm talaş derinliği ile 10 tekrar da işlenmiş olur. Ancak toplam 10mm derinliğe ulaşılmış olur ve 0.3mm talaş kalmış olur. Flat Area Detection seçeneği işaretlendiği zaman 0.3 mm talaşın takım yolu hesaplama işleminde dikkate alınarak paso derinliklerini, işleme derinliğini istenen seviyeye kadar işlenmesi için eşit olarak payşaltırılacak ve düzlükleri de isenen seviyeye getirilmesi sağlanacaktır.

Dikkat: Bu özelliği etkinleştirmek hesaplama süresini önemli ölçüde artırabilir.



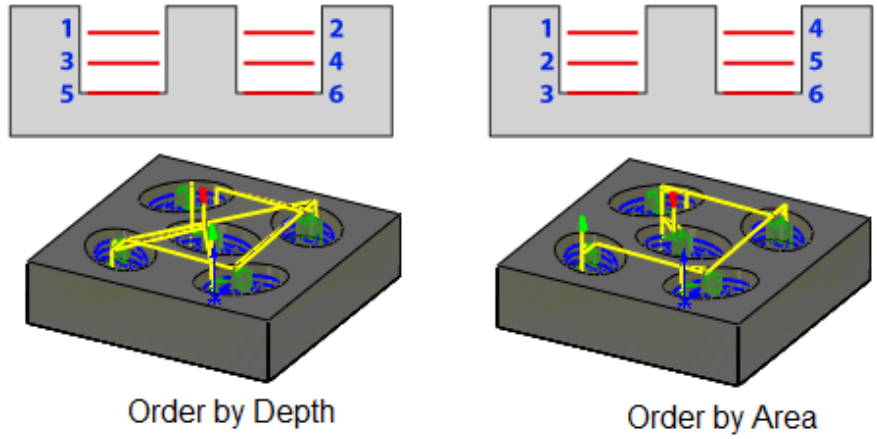
Görsel 2.34. Flat Area Detection seçeneğinin takımyoluna etkileri

➢ **Order by Depth**

Derinlikleri dikkate alarak işlem yap, işleme esnasında katmanlar aynı seviyede olacak şekilde talaş kaldrıma işlemi yapılır. Bu nedenle kesici boşta geçiş hareketleri fazla olmaktadır.

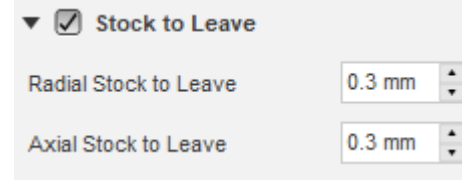
➢ **Order by Area**

Bölgeleri dikkate alarak işlem yap, işleme esnasında bir bölgedeki derinliği istenen esas derinliğe kadar işlemek için talaş kaldrıma işlemi yapılır. Bu nedenle kesici boşta geçiş hareketleri daha azdır.

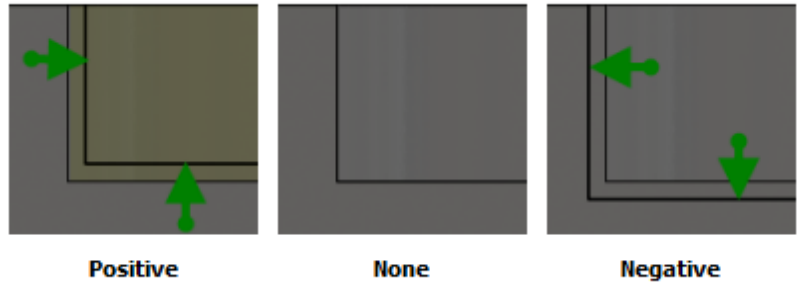


Görsel 2.35. Arder by Depth ve Order by Area seçeneklerinin takımyoluna etkileri

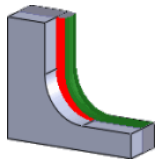
2.2.4.2. Stock to Leave



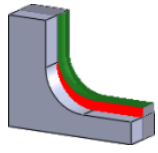
İş parçasının işlenecek kenarlarına işleme pay bırakmak için bu seçenek aktif edilmeldir. Finiş işlemeler için ya da bir sonraki yapılacak frezeleme işlemi için bir pay bıralıkması gerekekebilir. Bazı durumlarda parça üzerinden fazladan talaş kaldırmak ta gerekebilir. Örneğin hacim kalıpçılığında kullanılan bakır elektrodların aşındırma miktarı da öngörülerek bu bakır elektroda negatif değerde ile işleme yapılır. Eğer herhangi bir pay bırakmak istenmez ise bu seçenek aktif edilmemelidir. Bu işlem ofset bırakma olarak adlandırılır.



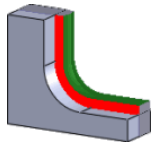
Görsel 2.36. Stock to Leave Positive, None ve Negative değerlerinin etkisi



Radial (wall) Stock to Leave: Yan yüzeylerde işleme payı değeri.



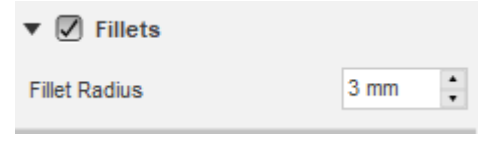
Axial (Floor) Stock to Leave: İş parçasının taban yüzeylerinde bırakılacak pay değeri.

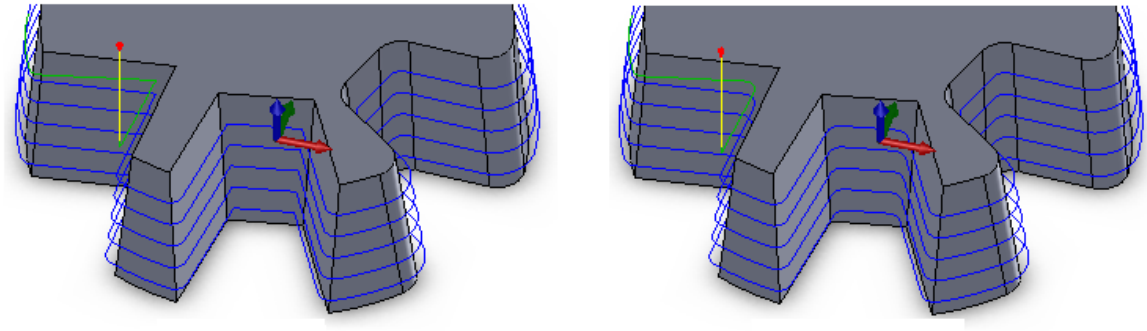


Radial and Axial Stock to Leave: Yan yüzeylere ve taban yüzeylerinde işleme payı bırakmak için iki seçeneğe de istenen değerlerde pay miktarı girilmelidir.

2.2.4.3. Toolpath Fillets

Üç eksen takımyolları oluşturma sürecinde keskin kenarlardan kaçınmak için takımyollarını yuvarlat seçeneği kullanılabilir. Girilen değer kadar keskin köşeli takım yolları yuvarlatılarak yumuşatılması sağlanmış olur. Yuvarlatılmış kenarlı parçalarda takımyoluna bir etkisi yoktur.

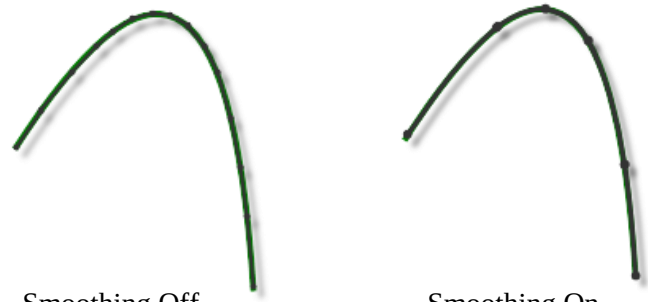




Görsel 2.37. Fillets seçeneğinin 3 eksen takımyoluna etkisi

2.2.4.4. Smoothing

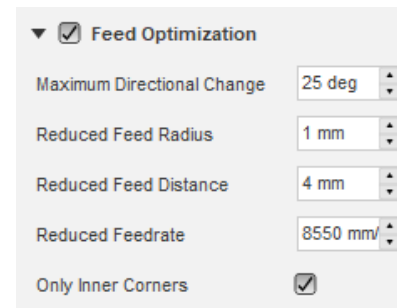
Smooting Tolerance seçeneği formlu bölgelerin takım yollarını noktasal pozisyon tanımlama işlemleri yerine, belirlenen tolerans değerinde pozisyon tanımlama işlemlerini daha çok eğrisel (yay) pozisyon tanımlama şeklinde işlem yapılmasını sağlar. Yumuşatılmış takım yolları olçü doğruluğundan ve hassasiyetten ödün vermeden, NC kodlarının daha küçük boyutlu olmasını sağlar. CNC Makinesi daha verimli çalışabilir ve kaliteli işlemleme değerleri elde edilebilir.



Smoothing Off Smoothing On

Görsel 2.38. Smoothing Tolerance seçeneğinin takımyoluna etkileri

2.2.4.5. Feed Optimization



Feed Optimization seçeneği ile köşelerde talaş kaldırma ilemleri esnasında en uygun kesme ilerlemesi değerleri ile talaş kaldırma işlemleri yapılabilir. Eğer kesme ilerlemesini geometriye göre değişim göstermesini istiyorsak uygun kesme ilerlemesi girilerek onaylanmalıdır. Takım yolunu değiştirmez, oluşturulan takım yolu üzerindeki ilerleme değerlerini değiştirir. Köşe dönüş ve hızlanmaları kontrol eder.

- **Maximum Directional Change**

  Kesme ilerlemesinin yavaşlatılacağı maksimum açısal değişikliği belirtir.

- **Reduced Feed Radius**

  Kesme ilerlemesi yavaşlatma işleminin yapılacağı minimum yarıçapını belirtir.

- **Reduced Feed Distance**

  Köşe dönüşü öncesi, ne kadar mesafeden itibaren kesme ilerlemesi değerinin düşürüleceğini ifade eder.

- **Reduced Feedrate**

Köşe dönüşü esnasında kullanılacak yavaşlatılmış kesme ilerlemesi değerini ifade eder.

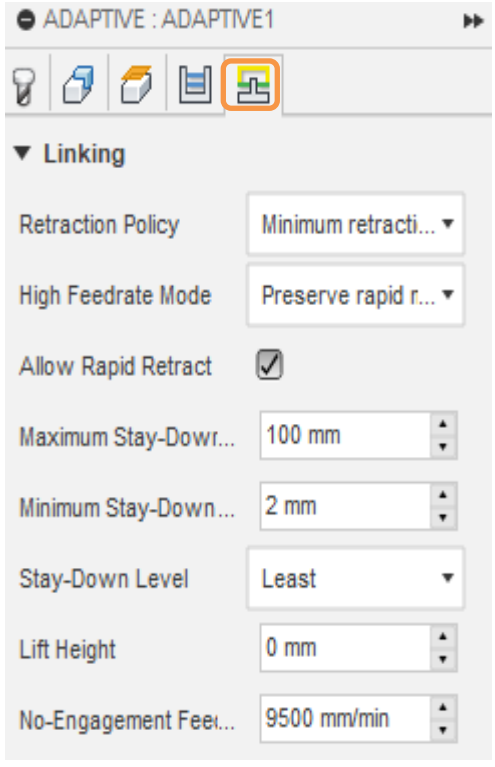
- **Only Inner Corners**

Yalnızca iç köşelerdeki kesme ilerlemesini yavaşlatma işlemini etkinleştirilir.

2.2.5. Kesici takımın parçaya giriş, çıkış mesafelerini ve takımyolu bağlantı değerlerini tanımlama menüsü ve açıklamaları

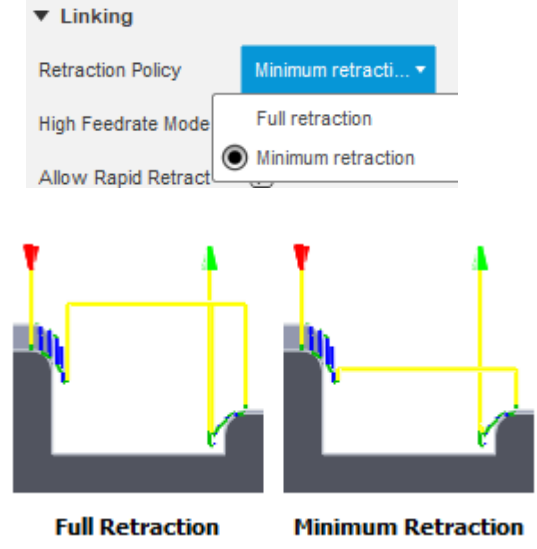
Bu sekmede kesicinin iş parçasına giriş, çıkış mesafeleri ve takımyollarının bağlantı değerleri Linking sekmesindeki seçenekler ile tanımlanır. Linking sekmesinde aynı zamanda kesici takımın takal kaldırma işlemlerinin yapılmadığı boşta hareket değerileri de kontrol edilebilir. Takım yolunun daha kısa oluşması işleme süresine etki edeceğinden kesme işlemi yapılmadan yapılan hareketler de işleme zamanını artırır. Bu sebepden kesici takımın boşta hareketleri en düşük seviyede elede edecek seçenekler kullanılmalıdır. Kesicilerin kırılma ve körelme durumlarının sebeblerinden birisi de iş parçasına ilk giriş değerleri ve takım yolu bağlantı değerleridir. Dolu malzemeye kesici ile giriş yapılacağı zaman açılı (rampa ile parçaya giriş) veya helisel giriş yöntemi gibi seçenekler kullanılmalıdır. Dış hatlar veya pocket kısımlara kesici takımın talaşa giriş esnasında teğet girişler ile iş parçasına ilk giriş işlemi sağlanmalıdır.

2.2.5.1. Linking



Retraction Policy

Geri kaçma denetleyicisi, takımyollarının oluşturulması esnasında kesici takımın işlenen parça üzerindeki takımyolu bağlantı hareketlerini parçadan nasıl uzaklaşarak hareket edeceğini tanımlanmk için kullanılır.



Görsel 2.38. Linking seçenekleri ve Retration tanımlamaları

- **Full Retraction**

  Takım yolu hareketlerinin parçadan maksimum uzaklaşma yaparak gerçekleştirilir. Bu geçişler Retract Height yüksekliğinde gerçekleştirilir.

➢ **Minimum Retraction**

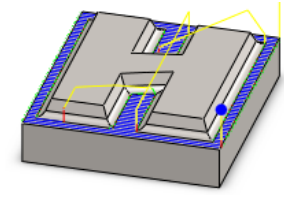
Takım yolu hareketlerinin parça üzerinde talaş kaldırılan bölgeden, minimum uzaklaşma yaparak gerçekleştirilir. Bu geçişler parça kesici takım çarpışmalarını kurtaracak yüksekliklerde yapılır.

➢ **High Feedrate Mode**

Takım yolu hareketlerinin ne zaman yüksek hızda (G0) yapılacağını ve yüksek ilerleme hızı hareketlerinin (G1) ne zaman kullanılacağını tanımlama seçeneklerini içermektedir.

- **Preserve rapid movement**

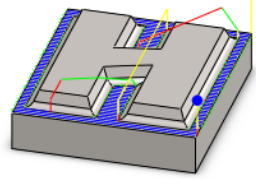
Tüm takım yolu hareketleri boyunca takımyolu bağlantı hareketlerinde (boşta hareketler) hızlı hareketleri koru. Bütün hareketler G0 olarak yapılmaktadır.



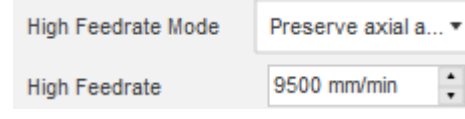
Preserve rapid movement

- **Preserve axial and radial rapid movement**

Sadece yatay (radial) veya dikey (axial) boşta hareketleri hızlı hareket (G0) olarak yapılması sağlanır. Diğer boş gezme hareketleri **High Feedrate** değeri girilerek (G1) belirlenen değerlerde hızlı hareketler olarak yapılması sağlanır.

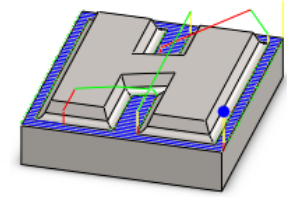


Preserve axial and radial rapid movement



- **Preserve axial rapid movement**

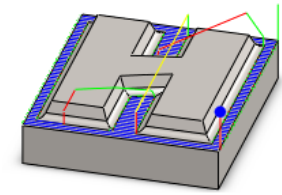
Sadece dikey yönde boş gezme hareketleri hızlı hareket (G0) olarak yapılmasını sağlar. Diğer boşta gezme hareketleri belirlenen (G1) hızlı hareket değerleri ile yapılır.



Preserve axial rapid movement

- **Preserve radial rapid movement**

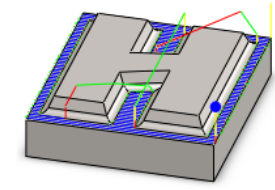
  Sadece yatay yönde boşta gezme hareketlerini hızlı hareket (G0) yapılmasını sağlar. Diğer boşta gezme hareketleri belirlenen (G1) hızlı hareket değerleri ile yapılır.



Preserve radial rapid movement

- **Preserve single axis rapid movement**

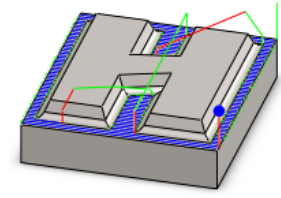
  Sadece tek eksen yönündeki (X, Y veya Z) boşta gezme hareketleri hızlı hareket (G0) yapılmasını sağlar. Diğer boşta gezme hareketleri belirlenen (G1) hızlı hareket değerleri ile yapılır.



Preserve single axis rapid movement

- **Always use high feed**

  Bütün takım yolu hareketleri boyunca bağlantı hareketleri (boş gezme hareketleri) belirlenen (G1) hızlı hareket değerleri ile yapılır.



Always use high feed

➢ **Allow Rapid Retract**

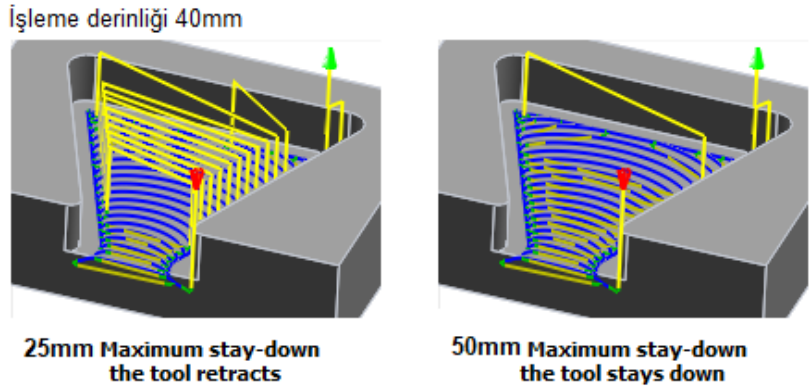
Etkinleştirildiğinde, kesici takım geri çekme hareketleri hızlı hareketler (G0) olarak yapılır.

➢ **Maximum Stay-Down Distance**

İşleme yüzeyinde yukarı kalkma hareketleri için izin verilen maksimum mesafeyi belirtir.

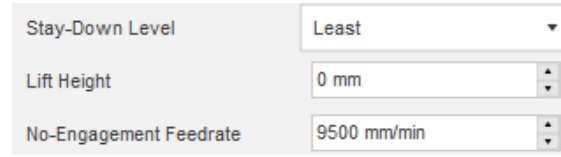
➢ **Minimum Stay-Down Clearance**

İşleme yüzeyinden takım yolu bağlantılarının mininmum geri kaçma mesafesini belirler. Maximum Stay-Down distance değerine bağlı olarak şekillenir.



Görsel 2.39. Maximum and Minumum stay-down

- **Stay-Down Level**

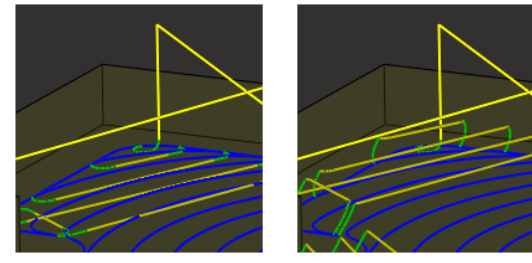


Kesici takımın talaş kaldırma işlemleri sırasında, yanal adımların bağlantılarında Kesici takımın geri çekilme hareketleri kontrol etmek için kullanılır. Genel olarak, CNC makineleri hızlı ilerleme hareketleri düşük değerlerde ise, Adaptive Clearing stratejisinin daha az kalkma işlemleri yaparak işletilmesi sağlanır. Bu geri kaçma değerleri açılır menü ile kontrol edilir En düşük ayar % 0 (Least) en fazla geri kaçma yöntemini kullan, En yüksek ayar % 100'dür (Most) en az geri kaçma işlemi yapılmasını sağlar.

Not: Kesici takım geri çekilme oranı %100 (Most) değerine yaklaştıkça takımyolu hesaplama süresi ve makine işleme zamanı süresi artabilir.

- **Lift Height**

Yanal hareket için geçişlerde taban yüzeyden uzaklaşma mesafesini belirtir.



- **No-Engagement Feedrate**

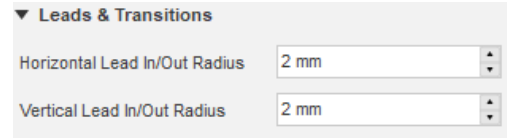
Kesici takımın iş parçasına temas etmeden ve geri çekilme işlemi olmadan, yapılacak takım yolu bağlantı hareketlerinin hız değerini ifade eder. Geçişler ileleme değeri olan hızlı hareketler (G1) şeklnde gerçekleşir.

2.2.5.2. Leads & Transitions

İş parçasına kesici takımın ilk Giriş ve Çıkış işlemeleri ile geçişlerin ayarlanması.

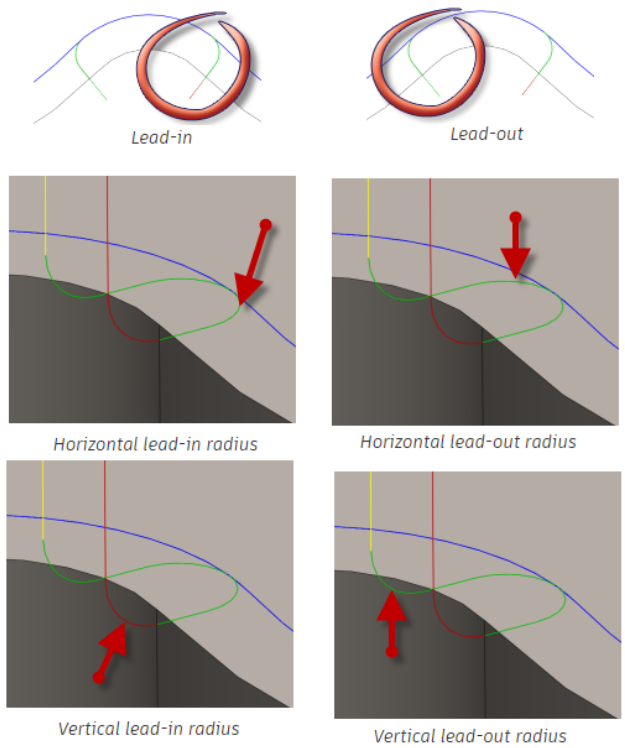
➢ **Horizontal Lead-In/Out Radius**

Kesici takımın İş parçasına yatay giriş ve çıkış hareketleri için yarıçap değeri.



➢ **Vertical Lead-In/Out Radius**

Kesici takımın İş parçasına dikey giriş ve çıkış hareketleri için yarıçap değeri.

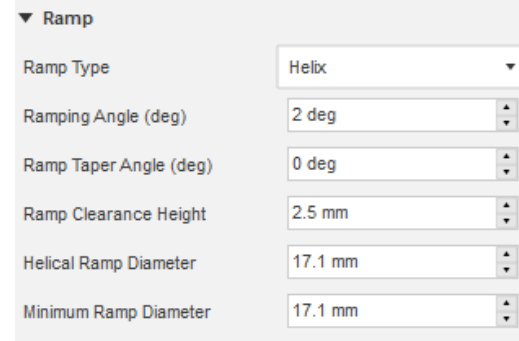


Görsel 2.40. Lead-In, Lead-Out seçenekleri ve yaklaşma yarıçapları

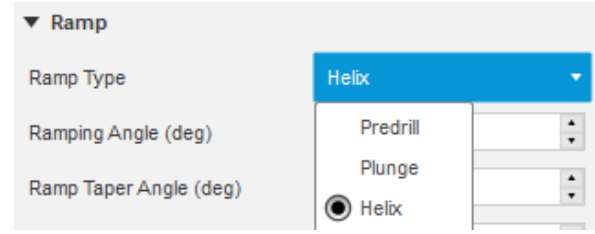
2.2.5.3. Ramp

Kesicinin takımın iş parçasına dikine giriş hareketini kontrol etmek için kullanılan seçenekleri içermektedir.

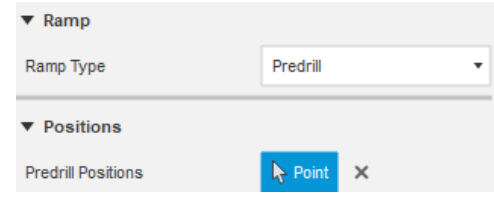
İş parçasına, parça üzerinden dikine talaşa girme işlemi için Ramp Type kısmından hareket türü seçilebilir. Temel amaç ilk giriş esnasında kesici kırılmalarını önleyecek doğru yöntemi kullanabilimektir. Kesici takıma talaşa giriş sürecinde fazla talaş yükü uygulamadan, talaşa girme değerlerinin kullanılması fydalı olacaktır.



Adaptive Clearing işleminde kullanılabilecek talaşa girme yöntemleri PreDrill, Plunge ve Helix seçenekleridir.

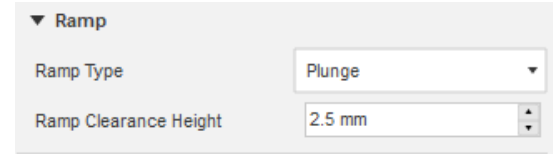


- **Predrill**



Kesici takımın talaşa girme işlemi bir ön delikten yapılacağı zaman kullanılacak seçenektir. Bu talaşa giriş işleminin yapılabilmesi için bir ön delik merkezi veya giriş noktası konumu tanımlanmalıdır. Giriş noktası tanımlama işlemini Positions kısmından Predrill Positions seçeneği ile yapılabilir.

- **Plunge**

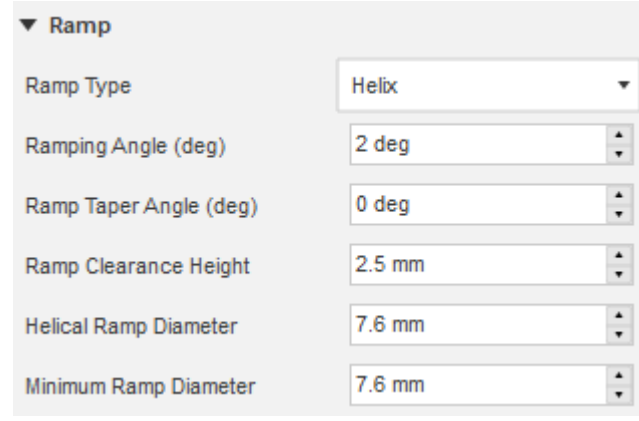


Kesici takımın talaşa girme işlemi doğrudan istenen talaş derinliğine ulaşabilmek için kullanılacak seçenektir. Bu talaşa giriş işleminin nereden yapılacağı konusunda seçim yazılıma bırakılabilir veya kullanıcı tarafından tanımlanabilir. Ramp Clearance Height seçeneği ile hangi hangi değerdeki emniyet mesafesinden itibaren talaşa dalma ilerleme hızı (Plunge Feedrate) ile talaşa derinliğine ulaşılacağı belirtilir.

- **Helix**

Kesici takımın talaşa girme işlem helis biçiminde adım adım istenen talaş derinliğine kadar yapılır.

- **Ramping Angle (deg)**



Helis rampa açısını belirtir, bir helis turunda girilecek talaş derinliğidir.

- **Ramp Taper Angle (deg)**

Helisel talaşa giriş işleminde, oluşturulacak heli konikliğini belirtmektedir. Kesici takımın talaşa giriş esnasında rahat kesim yapabilmesi ve kesici takım sürtünmesini azaltmak için parça üst yüzeyinden, ulaşılacak talaş derinliği yüzeyine kadar açılı bir konik helis oluşturulabilir.

- **Ramp Clearance Height**

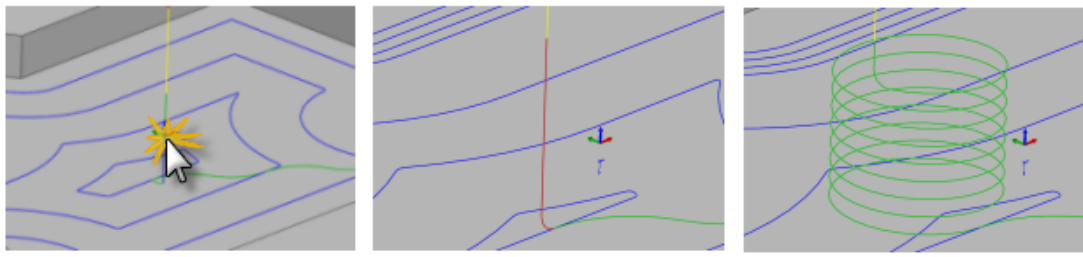
  Kesici takımın helisel talaşa giriş hareketinin başlayacağı yaklaşma emniyet mesafesi.

- **Helical Ramp Diameter**

  Kesici takımın talaşa girme esnasında oluşturacağı Helisin çap değeridir. Takım çapından büyük değerlerin girilmemesi tavsiye edilir.

- **Minimum Ramp Diameter**

  Kesici takımın talaşa girmesi esnasında oluşturulacak en düşük rampa helis çapıdır. Helical Ramp Diameter değerinde veya bu değerden daha küçük olmalıdır.



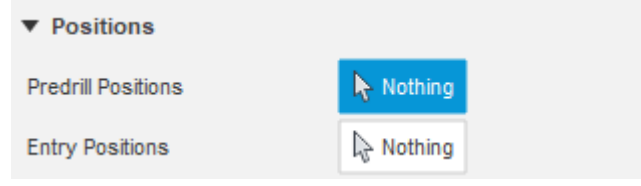
Görsel 2.41. Kesici Takımın talaşa giriş seçenekleri

2.2.5.4. Positions

Kesici takımın talaşa giriş işlemlerinin kullanıcı tarafından tanımlanmasına imkan sağlayan seçenektir.

- **Predrill Position**

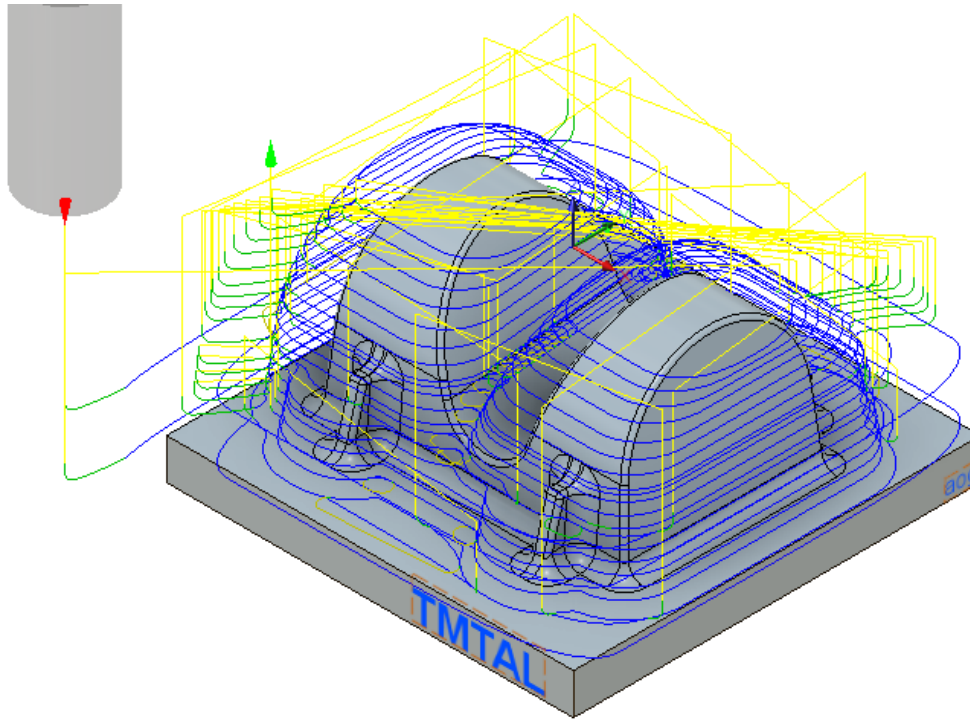
  Bir nokta veya bir geometrik nesnenin orta noktasını seçerek talaşa nerede girileceği belirtilir.



- **Entry Positions**

  Bir geometrik elemanın üzerinden herhangi bir giriş noktası seçilerek talaşa giriş işleminin seçilen yerden yapılması sağlanabilir.

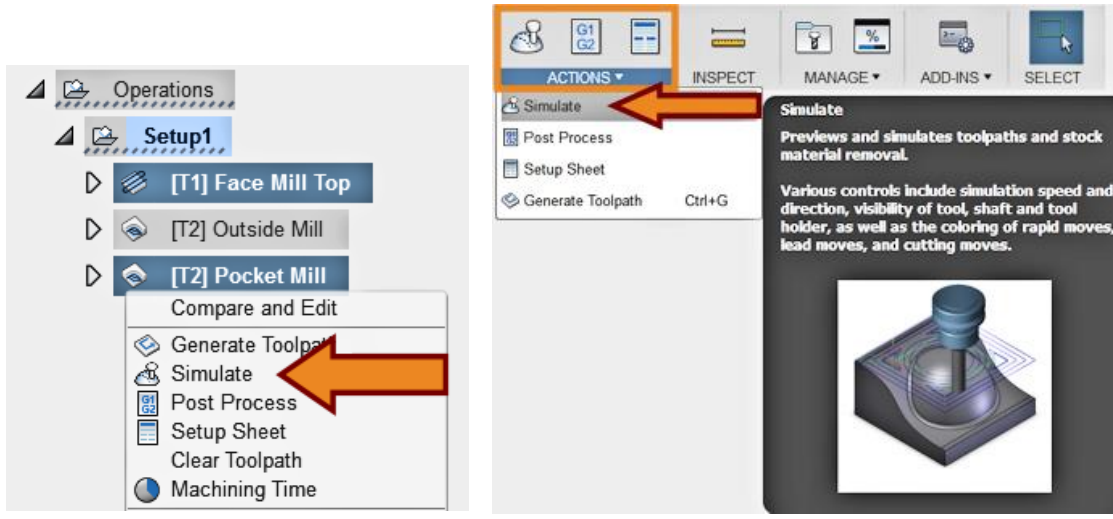
NOT: Birden fazla giriş noktası seçimi yapılabilir.



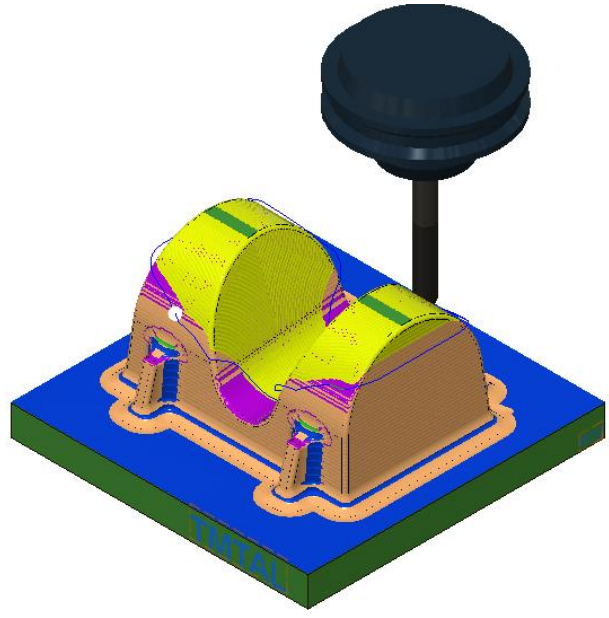
Görsel 2.42. Adaptive Clearing işleme yöntemi ile oluşturulmuş takım yolları

2.3. Takım Yolu Benzetimi

Bir takım yolu oluşturduktan sonra, Simulate komutunu takım yolu benzetim işlemleri yapılabilir ve takım yollarını incelebilir. Benzetim işlemi ile takım yollarının iştimi sırasında dalma, çarpma, kesici takım boyu mesafesi vb. durumlar incelenebilir. Herhangi bir takım yolunu veya birçok operasyondan oluşan işleme ayarının benzetim işlemi yapılabilir. Bir işleme ayarı veya bir takım yolu seçilerek, Simulate komutu çalıştırılarak benzetim işlemi gerçekleitirilir. Simulate komutunu çalıştırmak için birden fazla seçenek bulunmaktadır. Menüden Simulate komutu çalıştırılabilir veya işlem ağaçından işleme operasyonuna veya işleme ayarına farenin sağ tuşuna basarak Simulate seçeneği çalıştırırlabilir.

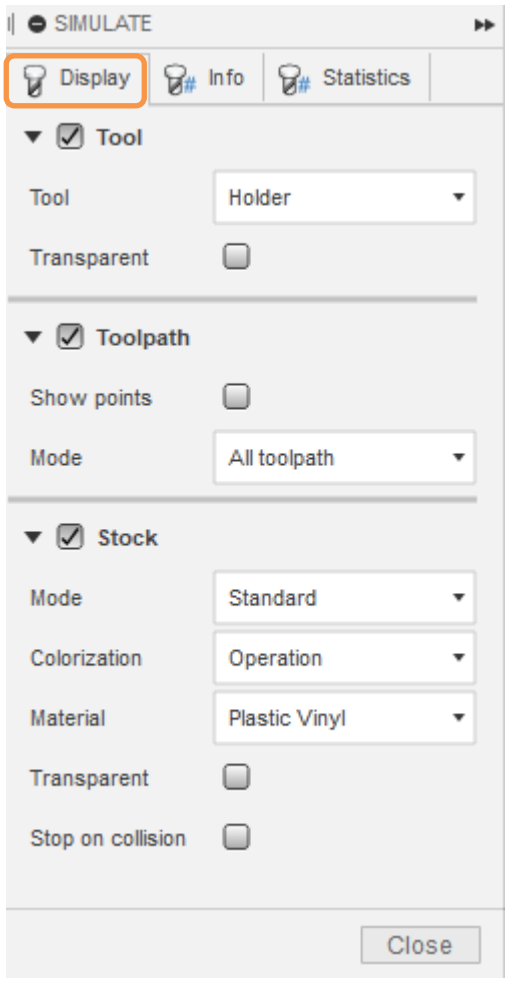


Görsel 2.43. Simulate (Benzetim) komutunun çalıştırılması seçenekleri



Görsel 2.44. Simulate (Benzetim) komutu ile bir operasyonun bezetim işlemi

2.3.1. Takımyolu benzetimi (Simulate) komutu ve alt menülerinin açıklanması



Display Bölümü

Tool

Flute: Kesicinin kesen ağız kısmı

Shaft: Kesicinin sap kısmı ile olan yüksekliği

Holder: Kesici ile tutucunun da ekrana getirilmesi

Toolpath: Seçildiğinde takım yolları simulastonu yapılan parça üzerinde gösterir. **Show points:** Geçiş noktalarını takımyolu üzerinde göster.

Mode: Alt seçenekleri ile takım yolunun nasıl gösterileceği ayarlanır.

All toolpath: bütün takımyollarını göster

Toolpath before position: Takımyolunu takımdan sonra göster.

Toolpath after position: Takımyolunu takımdan önce göster.

Toolpath for operation: İşleme Operasyonun takımyolunu göster

Tail: Takımyolları kesici takımı takip ederek gösterilsin.

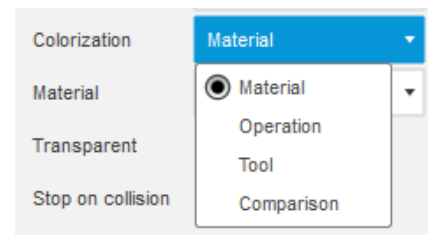
Stock: Seçenek aktif yapıldığında belirlenen stok yeşil bir renk alarak ekrana gelir ve kesme işlemini kütük üzerinden yapar.

Mode

Standard: Oluşturulan takımyollarının işleme benzetimini (simülasyonu) görmek için kullanılır.

Fast (3-axis only): sadece 3 eksen takım yolu benzetimini görmek için kullanılır.

Colorization: Benzetim esnasında renklendirme işlemlerinin hangi özelliğe göre yapılacağını belirleme seçeneklerini içermektedir.

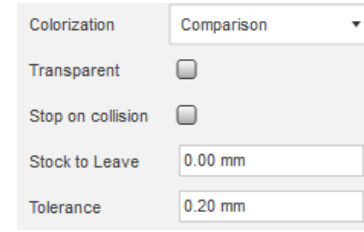


Material: Malzemeye göre iş parçası kütük renklendirmesi.

Opreration: İşleme operasyonuna göre iş parçası kütük renklendirmesi.

Tool: Takım rengine göre iş parçası kütük renklendirmesi.

Comparison: Oluşturulan takımyolları sonucunda işlenen iş parçası ve kütük karşılaştırması yapamak için kullanılan seçenektir. Kalan talaşı belirlemek için kullanılabilir



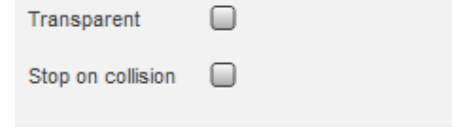
Stock to leave: Kütük için için karşılaştırma payı belirleme seçeneği. Artı (+) değer kütüğe fazla pay vermek için, eksi (-) değer kütüğe göre iş parçasına dalma varmı belirlemek için kullanılır.

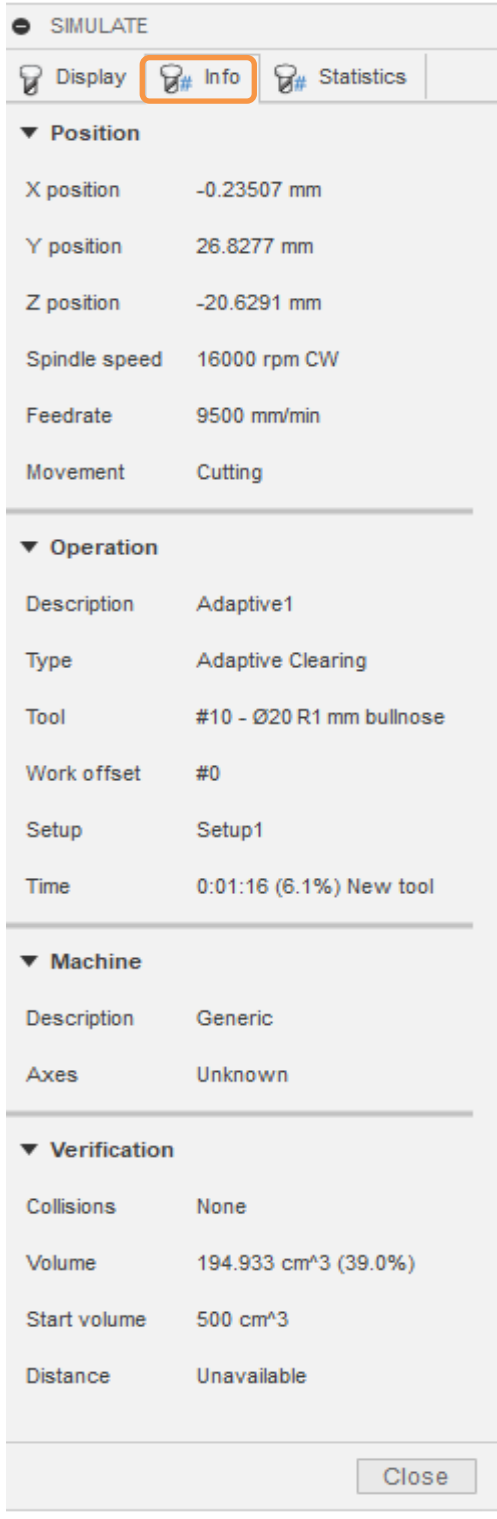
Tolerance: Hangi değerde işleme toleransına bağlı olarak iş parçası ve kütük karşılaştırması yapılacak. Yeşil renk işleme tolerans sınırları içinde. Mavi renk kaldırılması gereken talaş miktarı. Kırmızı renk iş parçası üzerinden fazla talaş kaldırılmış veya iş parçasına dalma var biligilerini vermiş olur.

Material: Kütük için malzeme rengi seçmeyi sağlar gösterir. Sadece görsel bir seçenek sunmaktadır. Malzeme renkleri Ceramic, Metallic Paint, Mirror, Plastic Vinyl, Wall Paint olarak seçilebilir.

Transparent: Kütüğü şeffaf olarak göstermek için kullanılan seçenektir.

Stop on collision: Takımyolunun işletilmesi esnasında herhagi bir beklenmedik temas durumunda seçenek işaretlendiğinde benzetimin durdurulması sağlanır.





Info bölümü

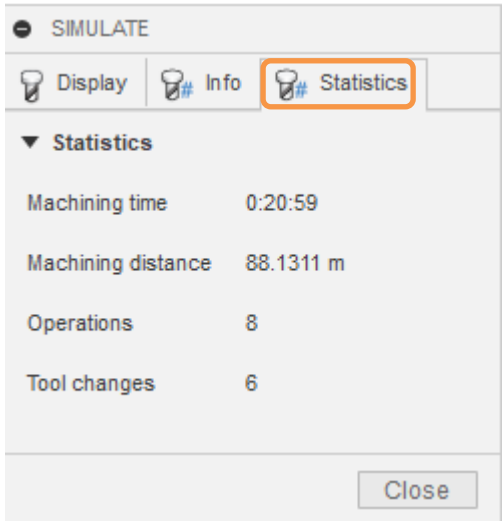
Position: Kesicinin bulunduğu konumu gösterir. Simülasyon sırasında X,Y,Z eksenlerinde sıfır noktasına göre konumunu gösterir. Devir sayısı, Kesme ilerlemesi değeri ve kesici takımın nasıl bir hareket yaptığını belirtir

Operation: Bu bölümde seçilen işleme stratejisinin adını, kullanılan kesici takım bilgileri, makine ofsetini ve işleme süresini gösterilmektedir.

Machine: CNC tezgâhının özelliklerini göstermektedir.

Verification:

Oluşturulan takım yolları ile ilgili doğrulama bilgilerini gösterimini sağlar. Temas durumu bilgileri, kaldırılan talaş hacmi, parça başlangıç hacmi ve fare hareket ettirilirse imlecin parçanın üzerinde gösterdiği mesafe gibi bilgiler iletilmiş olur.



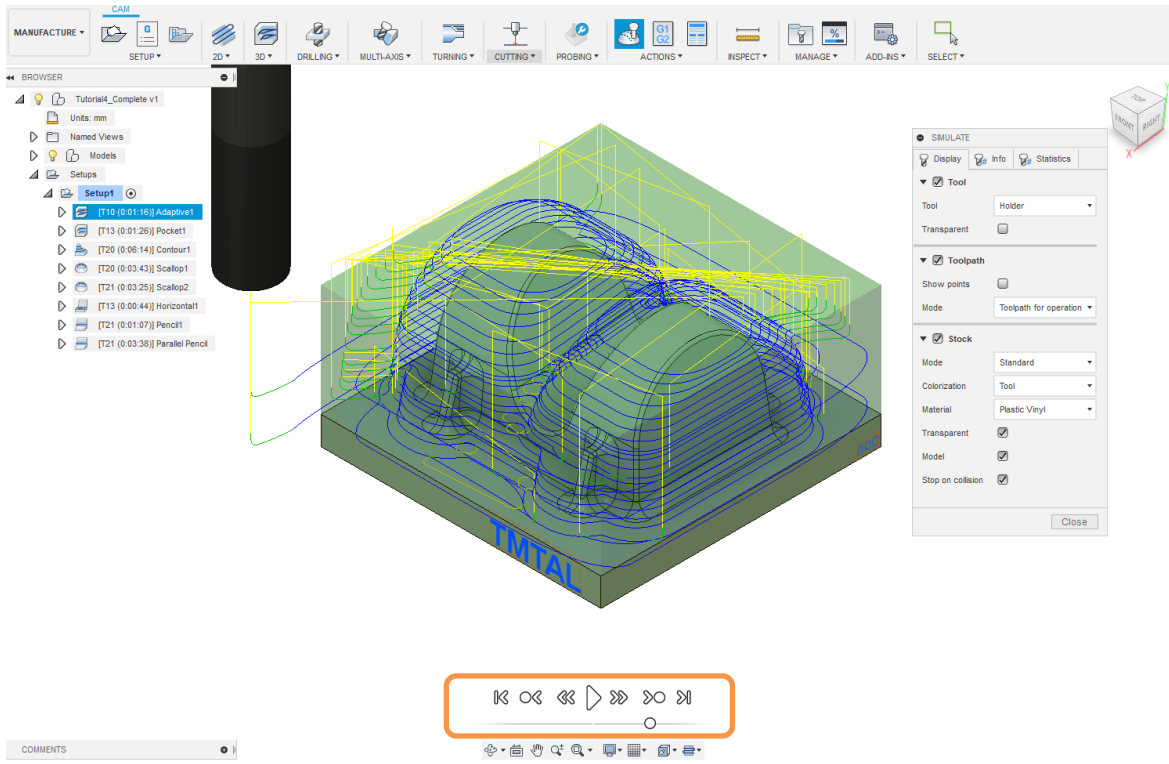
Statistics bölümü

Statistics

Oluştutulan takım yolu veya işleme ayarı ile ilgili istatistiki bilgileri sağlar.

İşleme zamanı, toplam kat edilen mesafe, oluşturulan operasyon sayısı ve kesici takım değiştirme sayısı gibi bilgileri sağlamaktadır.

Benzetim (simulation) oynatıcısı ekranın alt tarafında bulunmaktadır. Ortadaki "**Start to simulation"** düğmesi ile benzetim başlatılabilir. Benzetim hızı kayar düğme ile hızlandırılıp yavaşlatılabilir. Oynatma düğmesinin sağ tarafında ile doğru kesici takım hareket ederek benzetim yapılır, kaydırma düğmesi sola çekilirse kesici takım geriye doğru hareket ederek benzetim yapılır

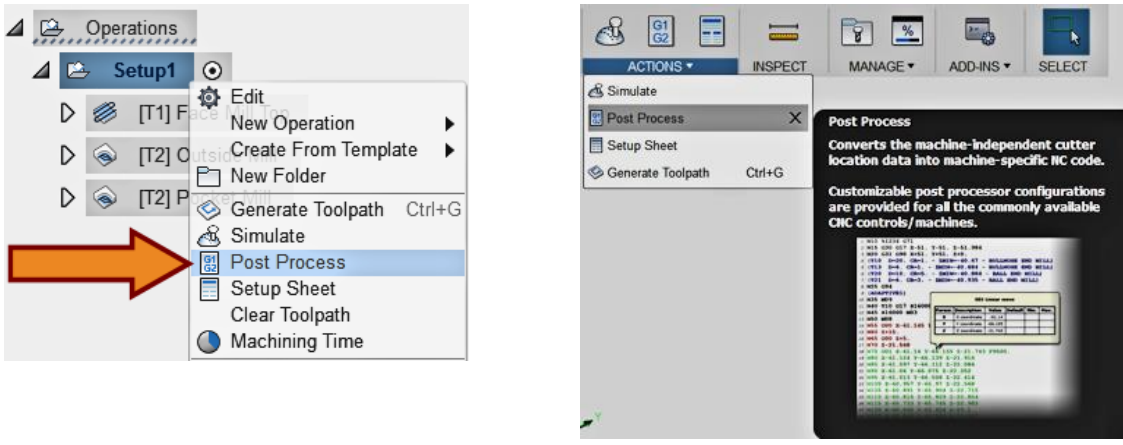


Görsel 2.45. Benzetim (Simulation) oynatıcı kontrolleri ve takım yolu benzetimi

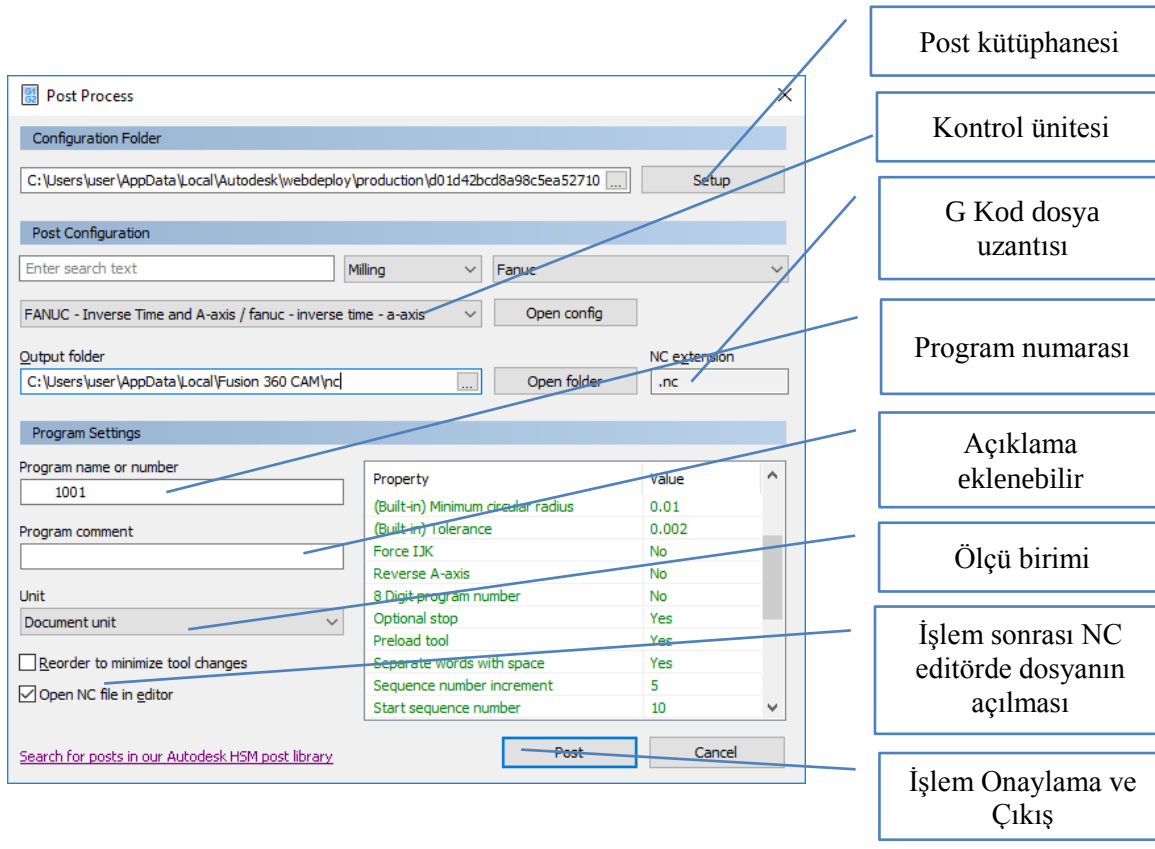
2.4. Post Processing NC-Code (G kodları oluşturma)

Oluştutrulan takım yollarının bir CNC makinelerinin anlayacağı NC kodlarına dönüştürülmesi gerekir. NC kodların yapısı, CNC takım tezgâhını hareket ettirmek için kullanılan G ve M kodları biçimindedir. Günümüz tezgâhları her ne kadar ISO G ve M kodlarını kullanarak çalıştırılsa da CNC tezgâh üreticileri farklı kontrol sistemleri kullanmaktadır. Bu nedenle CNC tezgâhın kontrol sistemine uyumlu olacak şekilde NC kodlarının türetilebilmesi önemlidir. Oluşturulan takım yollarının CNC tezgâhların anlayabileceği yapıda NC kodlarına dönüştürülmesi işlemi Post Processing (Post Oluşturma / Post Alma) olarak ifade edilmektedir. Fusion 360 da piyasada kullanılan birçok CNC kontrol sistemi için Post Processor (NC kod türetici) seçeneği bulunmaktadır.

Tek bir takım yolu veya birden fazla takım yollundan oluşan bir işleme operasyonun NC kodları türetilebilir. Yapılan tüm takım yollarının NC kodları elde edilmek istenirse CAM ürün ağaçındaki SETUP sekmesi seçilir Post Processing komutu çalıştırılır. Eğer tek bir işlemin takımyolu veya seçilen işlemlerin takım yollarının NC kodları elde edilecekse seçilen işlemler sağ tıklanarak Post Processing sekmesi tıklanır ya da Post Process komutu çalıştırılır. Eğer yapılan operasyonlarda değişiklik yapılmış ise NC kodları oluşturulmadan önce mutlaka tekrardan takım yollarının Generate toolpath seçeneği ile hesaplatılması gerekmektedir.



Görsel 2.46. NC kodları türetmek için Post Pocess komutunun çalıştırılması seçenekleri



Görsel 2.47. Post Process menüsü ve alt seçenekleri

2.5. Setup Sheet (NC rapor çıktısı alma)

CNC operatörünün yapılacak işlemler ile ilgili bilgileri elde edbileceği dokümandır Setup Sheet (Ayar Sayfası). CNC operatörü bu dökümandaki bilgilere göre işleme hazırlıklarını yapabilir. Bu hazırlıklar işlenecek parçanın tezgâha konumlama işlemini, Parça sınıf noktasını neresi olduğu, kullanılacak kesici takımların sırasını ve kesici takım boylarını, hangi işlem sırasının takip edileceği gibi bilgilere içermektedir.

Bu bilgilere göre CNC tezgâh operatörü iş parçasını hata yapmadan işleme hazırlıklarını yapabilir ve İşlenecek iş parçasını hatasız CNC tezgâhında işleyebilir.

Ayar bilgileri sayfasını elde edebilmek için Setup Sheet komutu çalıştırılır ve karşımıza gelen iletişim penceresi ile yazılım tarafında dosyanın kaydedileceği konum klasörünün belirtilmesi istenir. Bu işlem tamamlandığında HTML formatında bir dosya oluşturulur.

Setup Sheet for Program 1001

Job Description: Setup1
Document Path: Tutorial4_Complete v1

Setup

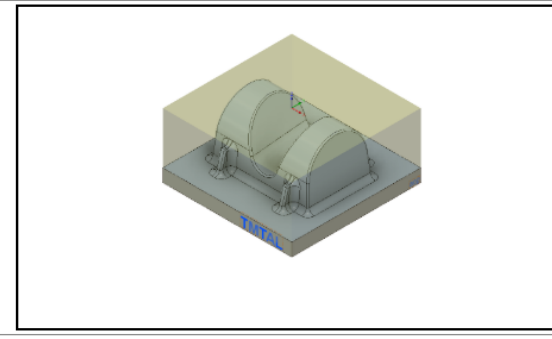
WCS: #0

Stock:
DX: 100mm
DY: 100mm
DZ: 50mm

Part:
DX: 100mm
DY: 100mm
DZ: 50mm

Stock Lower in WCS #0:
X: -50mm
Y: -50mm
Z: -50mm

Stock Upper in WCS #0:
X: 50mm
Y: 50mm
Z: 0mm



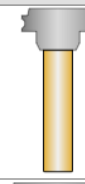
Total

Number Of Operations: 8
Number Of Tools: 4
Tools: **T10 T13 T20 T21**
Maximum Z: 15mm
Minimum Z: -40mm
Maximum Feedrate: 9500mm/min
Maximum Spindle Speed: 30000rpm
Cutting Distance: 78004.6mm
Rapid Distance: 9955.47mm
Estimated Cycle Time: 22m:47s

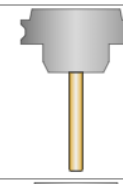
Görsel 2.48. Setup Sheet ayar ve genel işleme bilgileri

Tools

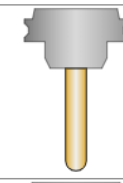
T10 D10 L10
Type: bullnose end mill
Diameter: 20mm
Corner Radius: 1mm
Length: 85mm
Flutes: 3
Minimum Z: -39.65mm
Maximum Feed: 9500mm/min
Maximum Spindle Speed: 16000rpm
Cutting Distance: 8475.88mm
Rapid Distance: 4161.34mm
Estimated Cycle Time: 1m:43s (7.6%)
Holder: Default Holder



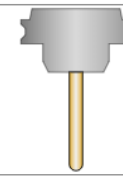
T13 D13 L13
Type: bullnose end mill
Diameter: 6mm
Corner Radius: 1mm
Length: 45mm
Flutes: 3
Minimum Z: -40mm
Maximum Feed: 6000mm/min
Maximum Spindle Speed: 30000rpm
Cutting Distance: 8297.32mm
Rapid Distance: 2038.91mm
Estimated Cycle Time: 2m:2s (8.9%)
Holder: Default Holder



T20 D20 L20
Type: ball end mill
Diameter: 10mm
Corner Radius: 5mm
Length: 50mm
Flutes: 3
Minimum Z: -39.9mm
Maximum Feed: 1800mm/min
Maximum Spindle Speed: 30000rpm
Cutting Distance: 16780.13mm
Rapid Distance: 3018.16mm
Estimated Cycle Time: 9m:58s (43.7%)
Holder: Default Holder

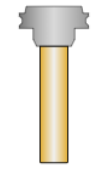
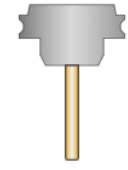
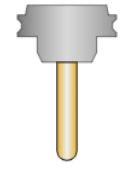
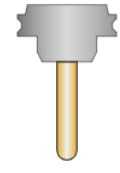
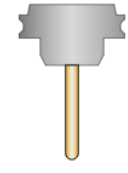
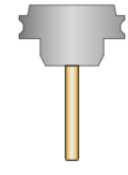
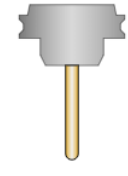


T21 D21 L21
Type: ball end mill
Diameter: 6mm
Corner Radius: 3mm
Length: 45mm
Flutes: 3
Minimum Z: -40mm
Maximum Feed: 6000mm/min
Maximum Spindle Speed: 30000rpm
Cutting Distance: 44451.28mm
Rapid Distance: 737.06mm
Estimated Cycle Time: 7m:33s (33.2%)
Holder: Default Holder



Görsel 2.49. Setup Sheet kesici takım bilgileri

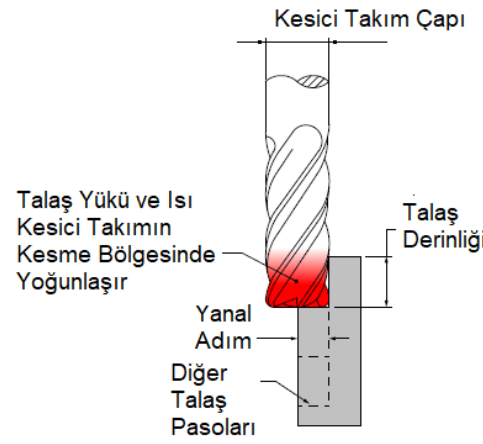
Operations

Operation 1/8 Description: Adaptive1 Strategy: Adaptive WCS: #0 Tolerance: 0.1mm Stock to Leave: 0.3mm Maximum stepdown: 25mm Optimal load: 8mm Load deviation: 0.8mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -39.65mm Maximum Spindle Speed: 16000rpm Maximum Feedrate: 9500mm/min Cutting Distance: 8475.88mm Rapid Distance: 4161.34mm Estimated Cycle Time: 1m:43s (7.6%) Coolant: Flood	**T10** D10 L10 Type: bullnose end mill Diameter: 20mm Corner Radius: 1mm Length: 85mm Flutes: 3	
Operation 2/8 Description: Pocket1 Strategy: Pocket WCS: #0 Tolerance: 0.1mm Stock to Leave: 0.3mm Maximum stepdown: 2mm Maximum stepover: 3.8mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -39.7mm Maximum Spindle Speed: 30000rpm Maximum Feedrate: 6000mm/min Cutting Distance: 5385.53mm Rapid Distance: 1644.36mm Estimated Cycle Time: 1m:28s (6.5%) Coolant: Flood	**T13** D13 L13 Type: bullnose end mill Diameter: 6mm Corner Radius: 1mm Length: 45mm Flutes: 3	
Operation 3/8 Description: Contour1 Strategy: Contour WCS: #0 Tolerance: 0.02mm Stock to Leave: 0.1mm Maximum stepdown: 1mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -39.9mm Maximum Spindle Speed: 30000rpm Maximum Feedrate: 1800mm/min Cutting Distance: 10557.24mm Rapid Distance: 2642.55mm Estimated Cycle Time: 6m:26s (28.2%) Coolant: Flood	**T20** D20 L20 Type: ball end mill Diameter: 10mm Corner Radius: 5mm Length: 50mm Flutes: 3	
Operation 4/8 Description: Scallop1 Strategy: Scallop WCS: #0 Tolerance: 0.02mm Stock to Leave: 0.1mm Maximum stepover: 1mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -35.73mm Maximum Spindle Speed: 30000rpm Maximum Feedrate: 1800mm/min Cutting Distance: 6222.89mm Rapid Distance: 375.61mm Estimated Cycle Time: 3m:32s (15.5%) Coolant: Flood	**T20** D20 L20 Type: ball end mill Diameter: 10mm Corner Radius: 5mm Length: 50mm Flutes: 3	
Operation 5/8 Description: Scallop2 Strategy: Scallop WCS: #0 Tolerance: 0.02mm Stock to Leave: 0.05mm Maximum stepover: 1mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -39.95mm Maximum Spindle Speed: 30000rpm Maximum Feedrate: 6000mm/min Cutting Distance: 19014.53mm Rapid Distance: 113.87mm Estimated Cycle Time: 3m:12s (14%) Coolant: Flood	**T21** D21 L21 Type: ball end mill Diameter: 6mm Corner Radius: 3mm Length: 45mm Flutes: 3	
Operation 6/8 Description: Horizontal1 Strategy: Horizontal WCS: #0 Tolerance: 0.02mm Stock to Leave: 0mm Maximum stepover: 3.8mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -40mm Maximum Spindle Speed: 30000rpm Maximum Feedrate: 6000mm/min Cutting Distance: 2911.78mm Rapid Distance: 394.56mm Estimated Cycle Time: 34s (2.5%) Coolant: Flood	**T13** D13 L13 Type: bullnose end mill Diameter: 6mm Corner Radius: 1mm Length: 45mm Flutes: 3	
Operation 7/8 Description: Pencil1 Strategy: Pencil WCS: #0 Tolerance: 0.01mm Stock to Leave: 0.05mm Maximum stepover: 0.3mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -39.95mm Maximum Spindle Speed: 30000rpm Maximum Feedrate: 6000mm/min Cutting Distance: 5194.1mm Rapid Distance: 141.91mm Estimated Cycle Time: 54s (3.9%) Coolant: Flood	**T21** D21 L21 Type: ball end mill Diameter: 6mm Corner Radius: 3mm Length: 45mm Flutes: 3	
Operation 8/8 Description: Parallel Pencil Strategy: Pencil WCS: #0 Tolerance: 0.01mm Stock to Leave: 0mm Maximum stepover: 0.7mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -40mm Maximum Spindle Speed: 30000rpm Maximum Feedrate: 6000mm/min Cutting Distance: 20242.65mm Rapid Distance: 481.29mm Estimated Cycle Time: 3m:28s (15.2%) Coolant: Flood	**T21** D21 L21 Type: ball end mill Diameter: 6mm Corner Radius: 3mm Length: 45mm Flutes: 3	

Görsel 2.50. Setup Sheet iş parçası işleme operasyonları bilgileri

2.6. Pocket Clearing

Üç boyutlu parçalar üzerinden katman katman talaş kaldırarak yapılan kaba boşaltma işlemleri için kullanılabilecek yöntemdir. Bir havuzu boşaltmak veya bir çıkıntının etrafındaki alanı işleyebilmek kullanılabilir. Takım yolu, işlenen geometrinin şekline benzer şekilde oluşturulur ve kesici takım kesme çapı genişliğinde talaş kaldırabilir. Talaş kaldırma sürecinde katmanlar arası geçiş, doğrudan talaşa girmeye uygun olmayan kesici takımlar için tanımlanmış değerlere bağlı olarak Helisel, Rampa veya belli bir profil şekline uygun biçiminde olabilir. Pocket Clearing İşleme komutu yapısı bu stratejiye has bazı seçenekler dışında genel yapı olarak takım yolu oluşturma stratejileri komut yapısı ile aynıdır.



Bu komut ile işleme esnasında ara kaba (Rest Mahining) işlemleri de yapılabilmektedir.

Pocket Clearing komutunun kendine özgü farklılıkları Passes ve Linking kısımlarında bulunmaktadır. Diğer kısımlardaki birçok işleme tanımalaması ve işlevleri Adaptive Clearing komutu ile aynıdır.

Bu nedenle Pocket Clearing komutunun içerdiği farklı olan seçenekler anlatılacaktır.

2.6.1. Pocket Clearing komutu Passes kısmında tanımlanması gereken farklılıklar

Minimum Diameter

Kaba işleme esnasında işlenmemesi istenen delik çapı değerini ifade eder. Kesici takım çapı da değerlendirilerek girilen değerin altındaki deliklere işlem yapılmaz.

Manual Stepover

Kullanıcı tanımlı yanal adım tanımlamaseçeneği.

Maximum Stepover

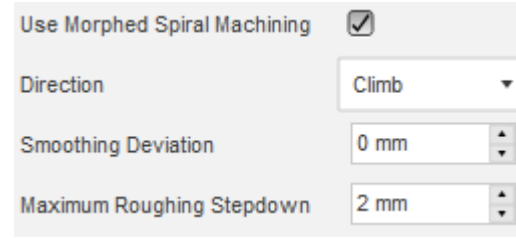
Kullanılacak en fazla yanal adım değeri.

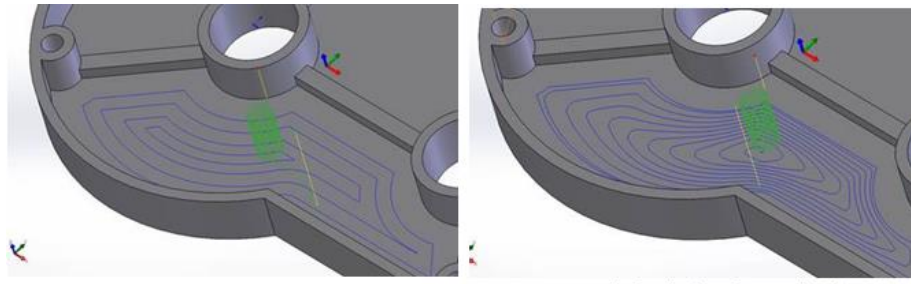
Minimum Steopver

Kullanılacak en düşük yanal adım değeri

Use Morphed Spiral Machining

Havuz işlemleri için sabit bir spiral hareket takım yolu oluşturmayı sağlar. Bu işleme tekniği ile CNC makinesinin daha yumuşak hareketlerle talaş kaldırma işlemi sağlanmış olur.

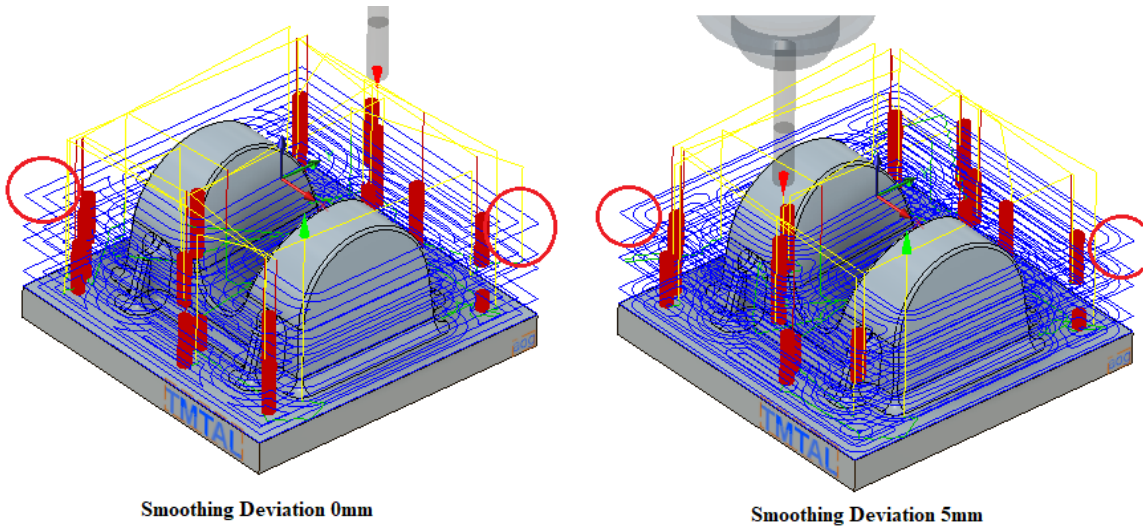




Görsel 2.51. Standart işleme havuz işleme ve Morphed seçeneği ile havuz işleme takımyolları

Smoothing Deviation

Takım yolu köşe dönüşlerini yumuşatmak için kullanılır. Girilen yumuşatma değeri kadar köşeler yümüşatılarak köşe dönüşleri yapılır.

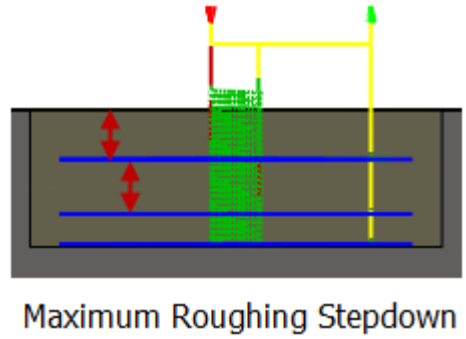


Görsel 2.52. Smoothing Deviation seçeneğinin takım yolu köşe donüşlerini yumuşatma işlemi

Maximum Rough Stepdown

Kaba işleme esnasında maksimum kaba talaş derinliğini ifade etmektedir.

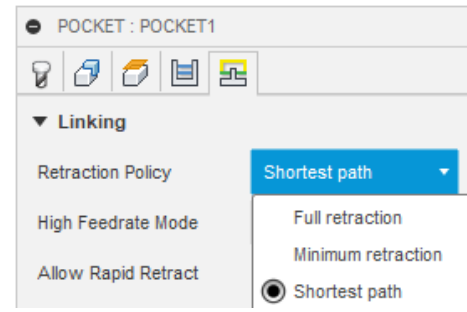
NOT: İstenen Z derinliğine ulaşıncaya kadar paso değerleri aynı derinlikte devam eder. Ancak dipte kalan talaş yüksekliği Maximum Rough Stepdown değerinden düşükse, bu talaşı temizlemek için daha düşük bir paso derinliği ile işlem yapılır.



Görsel 2.53. Maximum Roughing Stepdown seçeneği ile kesme derinlikleri kontrolü

2.6.2. Pocket Clearing komutu Linking kısmında tanımlanması gereken farklılıklar

Retraction Policy



Geri kaçma denetleyicisi, takımyollarının oluşturulması esnasında kesici takımın işlenen parça üzerindeki takımyolu bağlantı hareketlerini parçadan nasıl uzaklaşarak hareket edeceğini tanımlanmk için kullanılır.

Full Retraction

Takım yolu hareketlerinin parçadan maksimum uzaklaşma yaparak gerçekleştirilir. Bu geçişler Retract Height yüksekliğinde gerçekleştirilir.

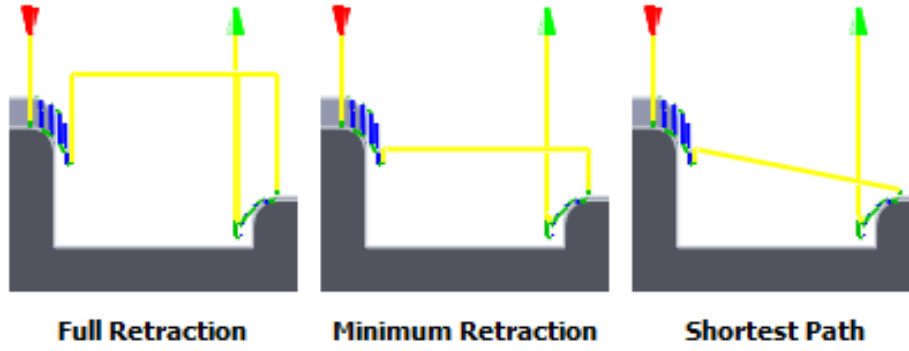
Minimum Retraction

Takım yolu hareketlerini parça üzerinde talaş kaldırılan bölgeden, minimum uzaklaşma yaparak gerçekleştirilir. Bu geçişler parça kesici takım çarpışmalarını kurtaracak yüksekliklerde yapılır.

Shortest Path

Takım yolu hareketlerini parça üzerinde talaş kaldırılan bölgeden, mümkün olan en kısa yolu kullanarak bir sonraki kesme işlemi için hareket eder. En kısa yol hareketi hızlı hareket (G0) olarak gerçeklştirilir.

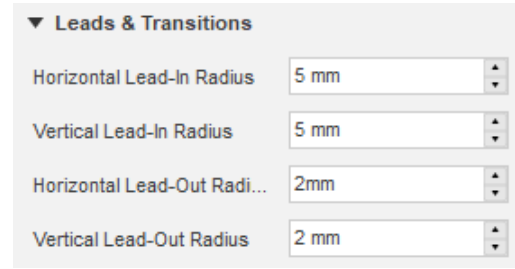
Dikkat: Shortest path (En kısa yol) seçeneği, G0 hareketlerinin düz çizgi olduğu doğrusallaştırılmış hızlı hareketleri desteklemeyen CNC makinelerde kullanılmamalıdır (tüm eksenleri maksimum hızda, bazen hızlı ivmelenme hareketleri olarak da adlandırılan G0 hareketlerine karşı dikkat etmek gerekir). Bu kurala uyulmaması, yazılım tarafından düzgün şekilde simüle edilemeyen makine hareketine ve takım çarpmalarına neden olabilir!



Görsel 2.54. Retration seçenekleri ve hareket biçimleri

Lead & Transitions

İş parçasına kesici takımın Giriş ve Çıkış işlemeleri ile takımyolu geçişlerinin ayarlanması.



Horizontal Lead-In Radius

Kesici takımın iş parçasına yatay giriş hareketi için yarıçap değeri.

Vertical Lead-In Radius

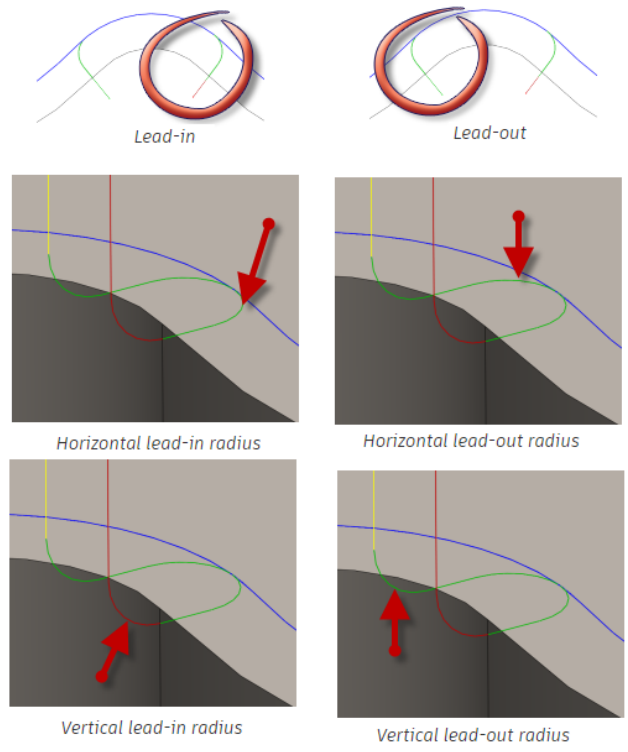
Kesici takımın iş parçasına dikey giriş hareketleri için yarıçap değeri.

Horizontal Lead-Out Radius

Kesici takımın iş parçasından yatay çıkış hareketi için yarıçap değeri.

Vertical Lead-Out Radius

Kesici takımın iş parçasına dikey çıkış hareketi için yarıçap değeri.



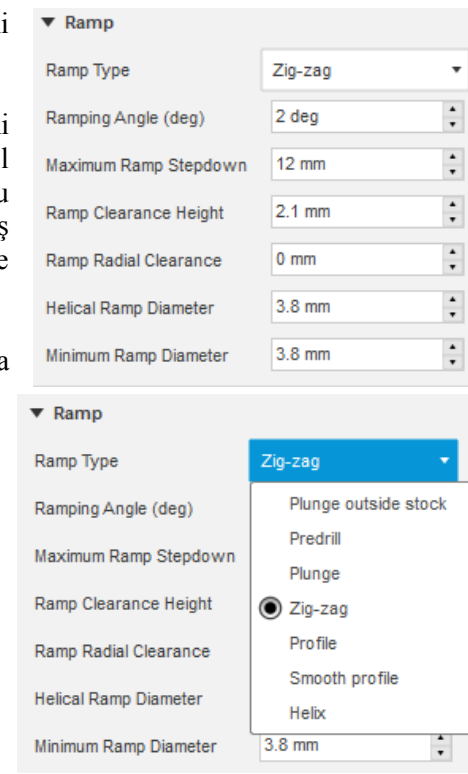
Görsel 2.55: Lead-In, Lead-Out seçenekleri yaklaşma ve uzaklaşma yarıçapları

2.6.3. Ramp

Kesicinin takımın iş parçasına dikine giriş hareketini kontrol etmek için kullanılan seçenekleri içermektedir.

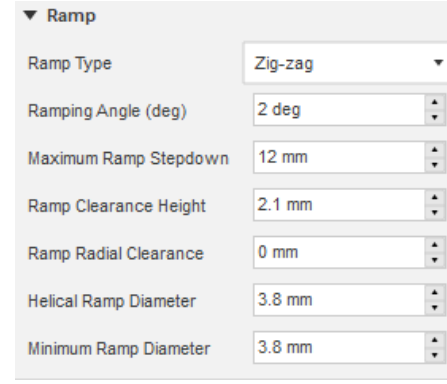
İş parçasına, parça üzerinden dikine talaşa girme işlemi için Ramp Type kısmından hareket türü seçilebilir. Temel amaç ilk giriş esnasında kesici kırılmalarını önleyecek doğru yöntemi kullanabilimektir. Kesici takıma talaşa giriş sürecinde fazla talaş yükü uygulamadan, talaşa girme değerlerinin kullanılması faydalı olacaktır.

Pocket Clearing işleminde kullanılabilecek talaşa girme yöntemleri Plunge outside stock, Predrill, Plunge, Zig-zag, Profile, Smooth profile ve Helix seçenekleridir. Predrill, Plunge ve Helix talaşa girme yöntemleri Adaptive Clearing seçeneğindeki gibi çalışır ve bu seçenekler bir önceki konudan incelenebilir. Bu nedenle farklı olan talaşa giriş yöntemlerine değinilecektir.



Ramp type Zig-zag

Kesici takımın talaşa girme işlem Zig-zag çizerek adım adım istenen talaş derinliğine kadar yapılır.



Ramping Angle (deg)

Rampa açısını belirtir, bir helis turunda girilecek talaş derinliğidir.

Maximum Ramp Stepdown

Talaşa giriş işleminde, oluşturulacak rampa adımını belirtmektedir. Rampa profiline uygun devir başına maksimum adımı belirtir. Bu parametre, rampa sırasında tam genişlikte kesimler yaparken kesici takım yükünün hafiletilmesini sağlar.

Ramp Clearance Height

Kesici takımın talaşa giriş hareketinin başlayacağı yaklaşma emniyet mesafesi.

Ramp Radial Clearance

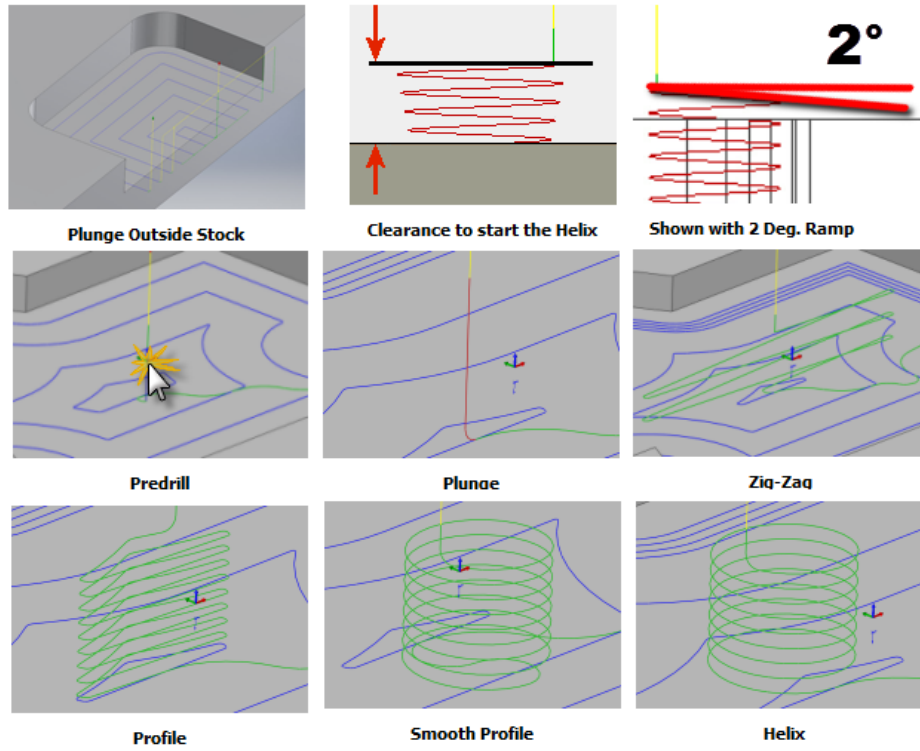
Kesici takımın talaşa girme esnasında oluşturacağı yaklaşma sarmalının talaşa girmeden ya radial yaklaşma mesafesi değeri.

Helical Ramp Diameter

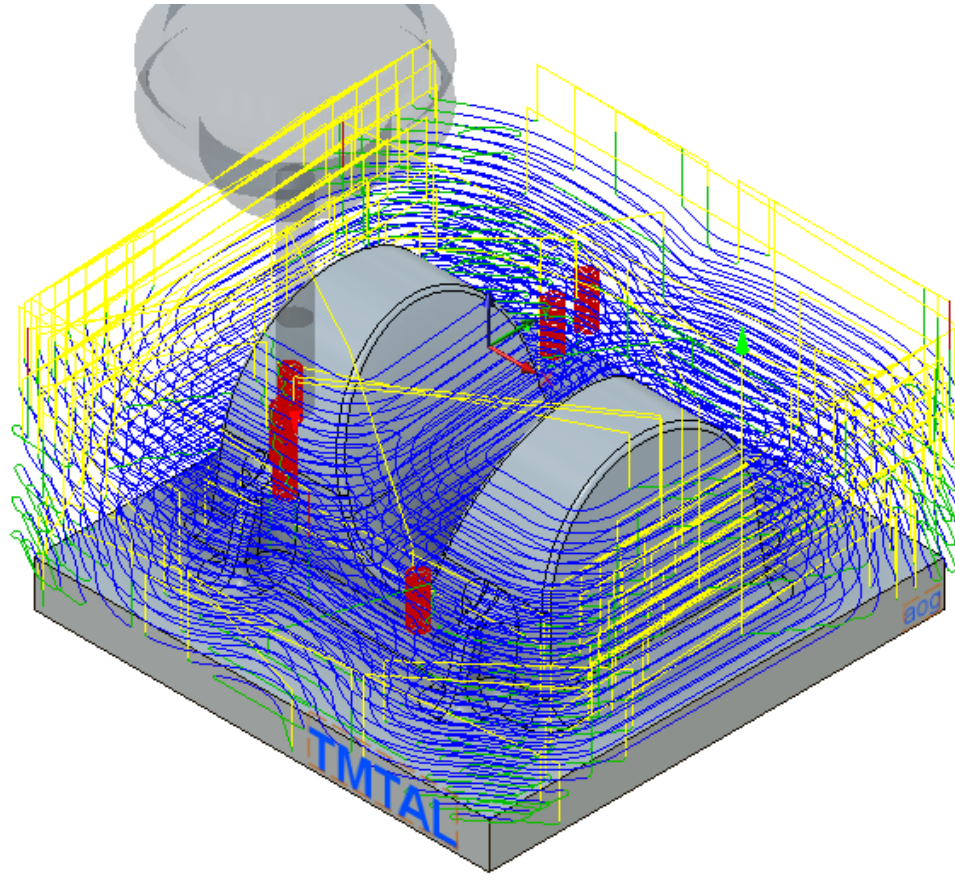
Kesici takımın talaşa girme esnasında oluşturacağı Helisin çap değeridir. Takım çapından büyük değerlerin girilmemesi tavsiye edilir.

Minimum Ramp Diameter

Kesici takımın talaşa girmesi esnasında oluşturulacak en düşük rampa helis çapıdır. Helical Ramp Diameter değerinde veya bu değerden daha küçük olmalıdır.



Görsel 2.56. Kesici takımın talaşa giriş seçenekleri, talaşa giriş başlangıç mesafesi ve rampa açısı değerleri



Görsel 2.57. Pocket Clearing işleme seçeneği ile oluşturulmuş takım yolları

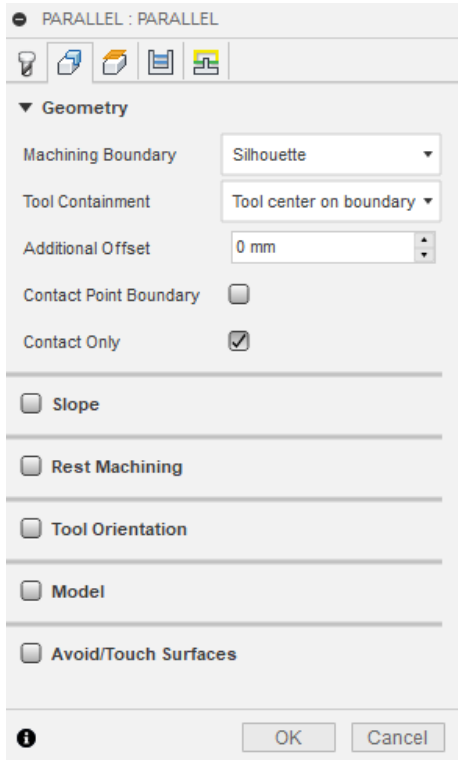
2.7. PARALLEL

Yüzey formuna uygun belirtilen yanal adımlarla, belli bir yönde talaş kaldırarak işleme yapan bir finiş (son işleme) işleme yöntemidir. İstenilen yüze pürüzlüğüne uygun olarak kesici takımın yanal adımları girilmeli, daha temiz işlenmiş yüzeyler elde edebilmek için ileleme değeri optimum değerde olmalıdır. Finiş işlemlerinde genellikle küre (Ball nose) takımlar kullanılmaktadır. Bu nedenle kesici takımın efektif kesme çapı ile kesim yapılabilmesi önem kazanmaktadır. Paralel işleme yöntemi en çok karşılaşabileceğim finiş işleme yöntemidir.

Bu komut ile işleme esnasında ara kaba (Rest Machining) işlemleri de yapılabilmektedir.

Parallel işleme yöntemi komutu da önceki işleme seçeneklerine bezer bir yapıya sahiptir, ancak operasyon gereği farklı bazı tanımlama seçenekleri de içermektedir.

2.7.1. Parallel komutu geometry tanımlama seçenekleri ve açıklamaları



Geometry

İş parçası üzerindeki işlenecek bölgelerin seçimi ve kesici takımın yüzey teması seçenekleri

Slope

İşleme yapılacak açı sınırlarının seçimi

Rest Machining

Bir önceki operasyodan veya kesici takımın işleyemediği yerleri işleme

Tool Orientation

Kesici takım pozisyon konumlama işlemi

Model

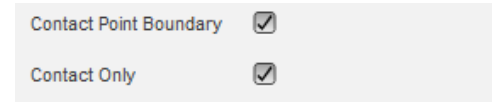
Ayarlama esnasında seçilmiş olan iş parçası üzerinden yüzey seçerek işlem yapılabilme seçeneği

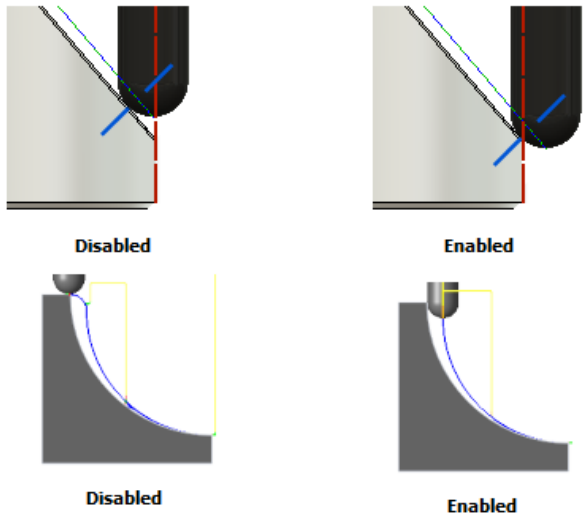
Avoid/Touch Surfaces

İşlem yapılacak yüzeylerin seçilmesi seçeneği

Contact Point Boundary

Seçenek etkinleştirildiğinde Kesici takım merkezini ve işleme sınırını gözeterek takım yollarının oluşturulma işlemi gerçekleştirilir.





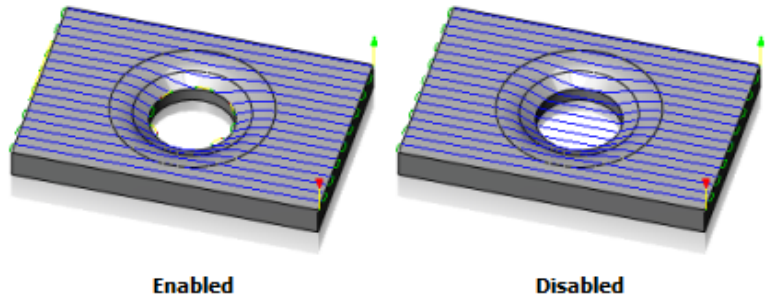
Contact point boundary seçeneği seçilmedi zaman kesici takım merkezi sınır çizgisine ulaştığı zaman kesici takım bir sonraki adıma geçer.

Contact point boundary seçeneği seçildiği zaman kesici takım sınır çizgisine ulaştığı zaman bir sonraki adıma geçer.

Görsel 2.58. Contact point boundary seçeneği ve takım yoluna etkileri

Contact Only

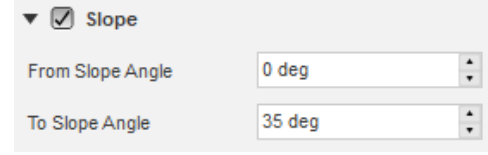
Kesici takımın işleme yüzeyi ile temas halinde olmadığı durumlarda takım yollarının oluşturulup oluşturulmayacağını kontrol eder. Devre dışı bırakıldığında, takım yolları işleme sınırları ve iş parçasındaki açıklıklar boyunca devam ettirilir.



Görsel 2.59. Contact only seçeneği ve takım yoluna etkileri

Slope

Belirlenen açı değerleri arasında takım yollarının oluşturulması sağlanır. Belli bir eğimdeki veya açı aralığında bulunan yüzeyleri işlemek için kullanılabilir.

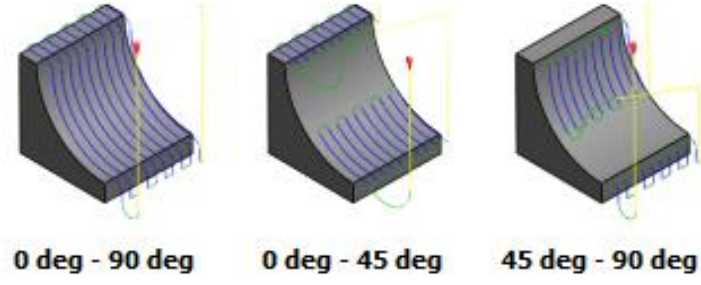


From Slope Angle

Takım yolu hesaplama başlangıç açısı değeri.

To Slope Angle

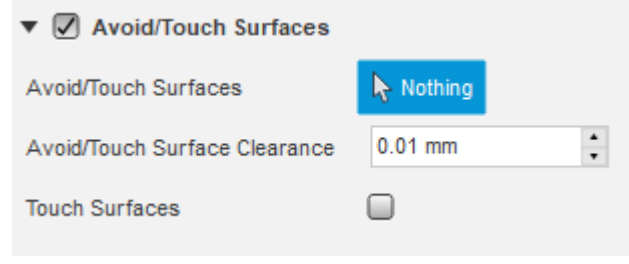
Takım yolu hesaplama bitiş açısı değeri.



Görsel 2.60. Slope seçeneği ile işlem yapılacak açı aralığındaki yüzeylerin işlenmesi

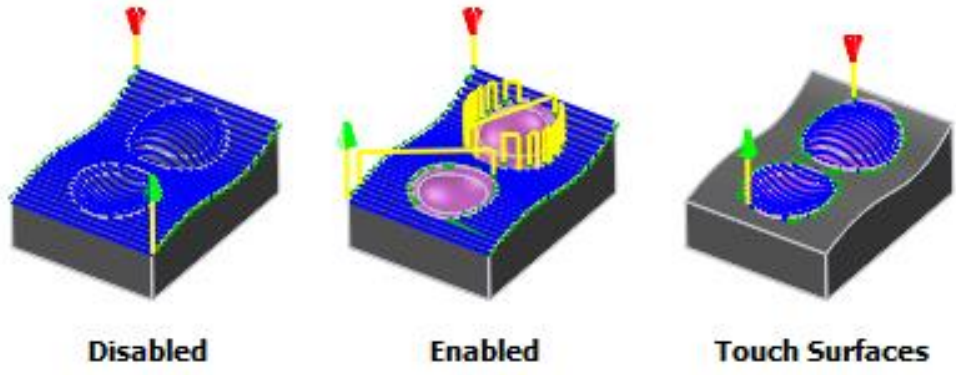
Avoid/Touch Surfaces

Seçenek çalıştırıldığında Seçilen yüzeylerde takımyolu oluşturma ileminden kaçınmak için kullanılabilir.



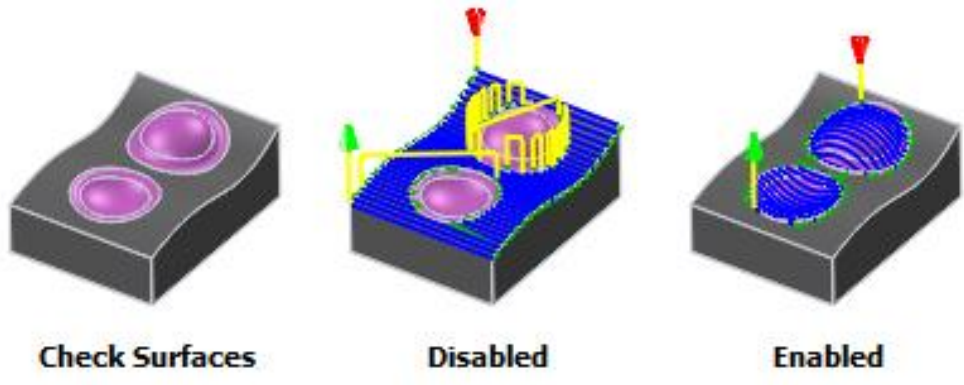
Avoid /Touch Surfaces Nothing seçeneği ile takım yolu oluşmasını istemediğimiz yüzeyler seçilir.

Avoid /Touch Surface Clearance seçeneği ile seçilen yüzeye kesici takımın ne kadar yaklaşabileceği değer olarak belirtilir.



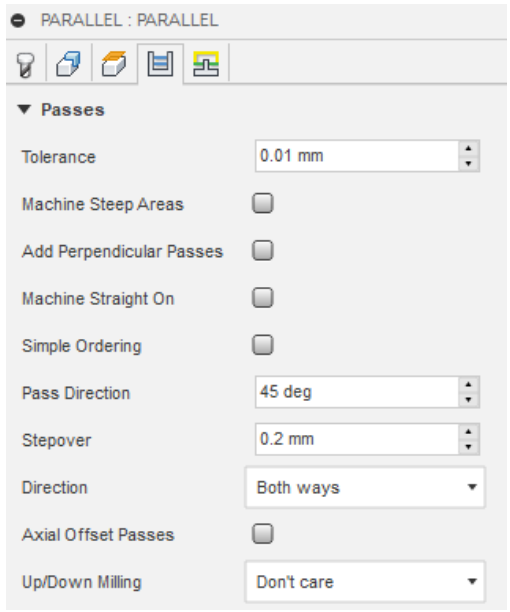
Görsel 2.60. Avoid /Touch Surfaces seçeneğinin kullanım seçenekleri

Touch Surfaces seçeneği seçildiği zaman sadece seçilen yüzey için takım yolu hesaplama işlemi yaptırılabilir.



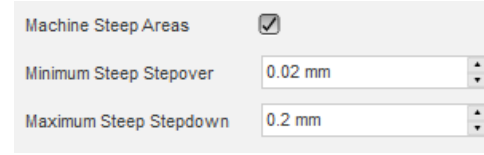
Görsel 2.60. Touch Surfaces seçeneğinin kullanım seçenekleri

2.7.2 Parallel komutu Passes seçeneği ve açıklamaları

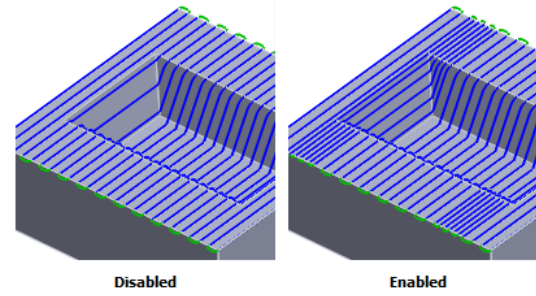


➢ **Machine Steep Areas**

Seçildiği zaman Yan duvarlara ilave yanal işleme adımı oluşturulur.



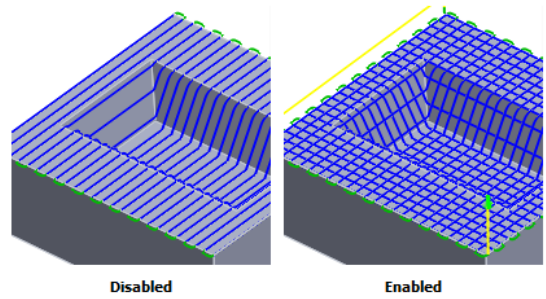
- **Minimum Steep Stepover**
  En düşük yanal adım değeri,
- **Maximum Steep Stepdown**
  En yüksek dikine talaş değeri



Görsel 2.62. Machine Steep Areas seçeneğinin kullanım seçenekleri

➢ **Add Perpendicular Passes**

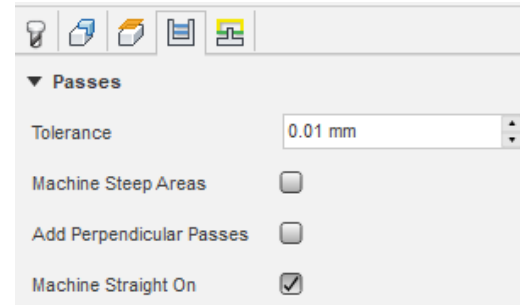
Seçildiği zaman oluşturulan takım yolu yönüne dik yüzeylere ilave dik takım yolları oluşturur. Bu işlem yüzey kalitesinin iyileşmesini sağlar.



Görsel 2.63. Add Perpendicular Passes seçeneğinin kullanım seçenekleri

➢ **Machine Straight On**

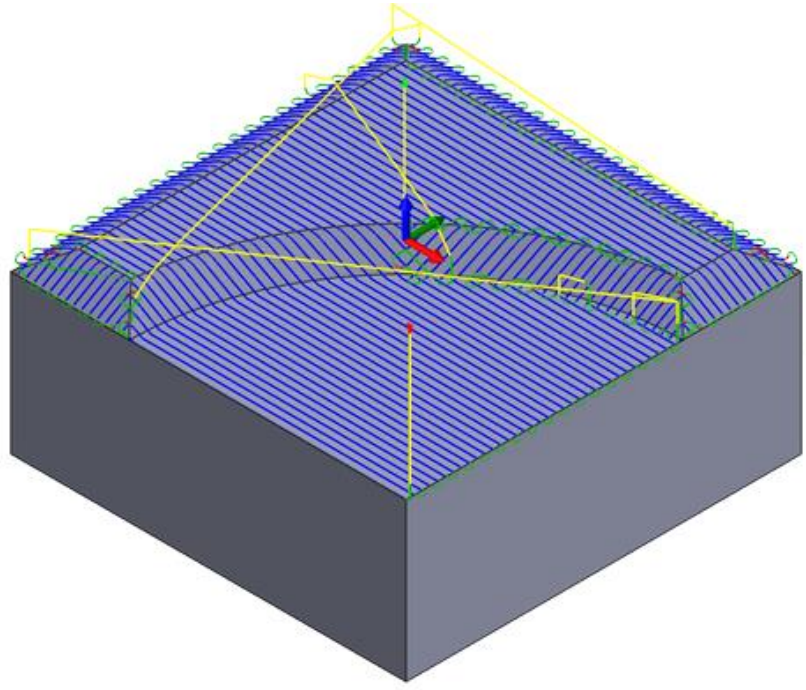
Paralel geçişler için en iyi yönü otomatik olarak seçerek dik alanlarda işleme yapar.



Bir paralel işlemi genellikle sığ alanlar için yüksek kaliteli takım yolu oluşturur. Bölüm dik alanları içeriyorsa, düşük kaliteli finiş sonuçları meydana gelebilir, dik alanlarda genelinde onlara.

Paralel işleme ile dik alanların daha kaliteli işlenmesi iin otomatik dik alanlara göre takım yolu oluşturma seçeneği kullanılmalıdır.

Bu seçenek seçildiğinde, iki paralel işlem oluşturulur; Biri belirtilen Geçiş Yönü boyunca ve diğeri dik yüzey (90 derece döndürülmüş) boyunca takım yolları oluşturulur. Ardından iki yön için oluşturulan takım yoları yalnızca eğimli alanlar boyunca takım yolları kalacak kırpılır.



*Example of using **Machine Straight On***

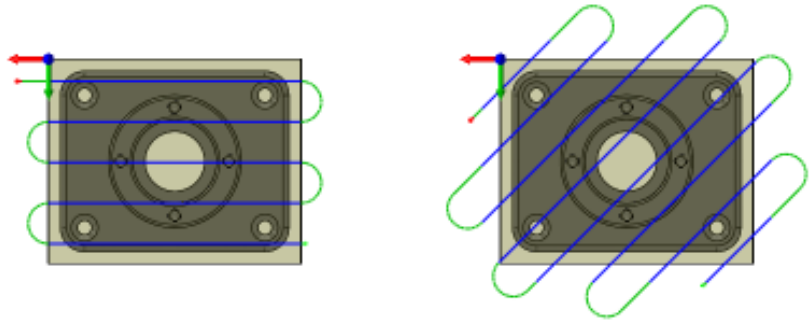
Görsel 2.64. Machine Straight on seçeneği işaretlenerek oluşturulmuş takım yolu

➢ **Simple Ordering**

En kısa mesafeden takım yolu bağlantıları yerine, kesme yönünde takım yolu bağlantılarının geri kaçma yöntemi kullanması için zorlanabilir. Bazı durumlarda işlenmiş parçadaki izlerden kaçınmak için bu özellik kullanabilir. Bununla birlikte, ilave takım yolu bağlama hareketi nedeniyle işleme süresinin artmasına sebep olabilir.

➢ **Pass Direction**

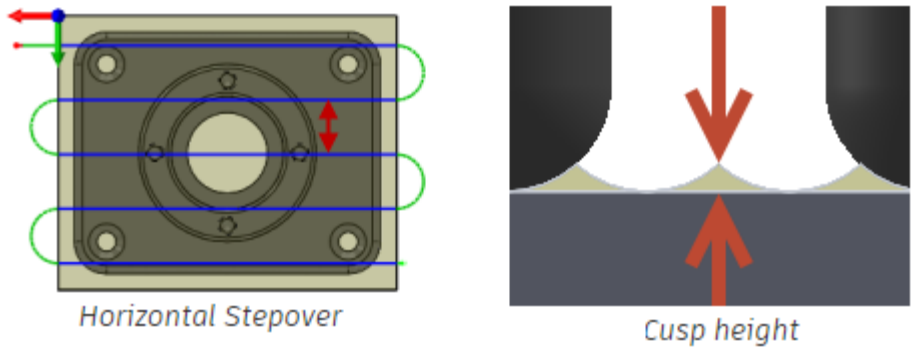
Kesme yönünü belirlemek için açı değeri girilmelidir. Takım yolları girilen açı değeri doğrultusunda oluşturulur.



Görsel 2.65. Pass Direction seçeneği ile 0^O ve 45^O açılarda oluşturulmuş takım yolları

➢ **Stepover**

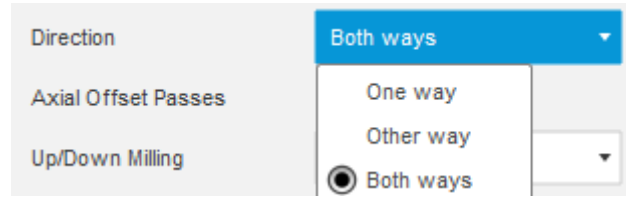
Takım yolu oluşturma esnasında kesici takımın yanal adımı. Finiş operasyonlarında küresel kesici takım ile işlemeler esnasında bu değer takım çapının %10 değerinden fazla olmaması tavsiye edilir. Cusp Height teorik yüzey pürüzlülüğü olarak kabul edilirse, küre takımla düşük yanal adımlar daha kaliteli yüzey elde etmeyi sağlar. Küçük takımlarla büyük yanal adımlar kullanmak yüzey pürüzlülüğünü arttırır ve istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir.



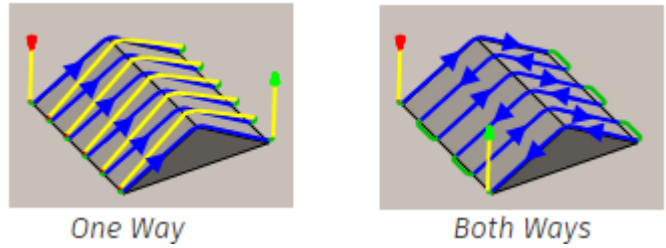
Görsel 2.66. Yanal adımın yüzey pürüzlülüğüne etkisi

➢ **Direction**

Kesme yönünü belirlemek için kullanılan seçenektir. Kesme yönü Aynı yönlü işleme (Climb) veya Zıt yönlü işleme (Conventional) biçiminde olabilir. Ancak her zaman tek yönlü kesme yöntemi kullanılmayabilir. Bazen hem gidiş hem de gelişte kesme işlemi yapılması gerekebilir.



- **One way**
  Kesme işlemi aynı yönde işleme (Climb) biçiminde yapılmasını sağlar.
- **Other way**
  Kesme işlemi zıt yönlü işleme (Conventional) biçiminde yapılmasını sağlar.
- **Both ways**
  Her iki yönde kesme işlemi yapılmasını sağlayan seçenektir.

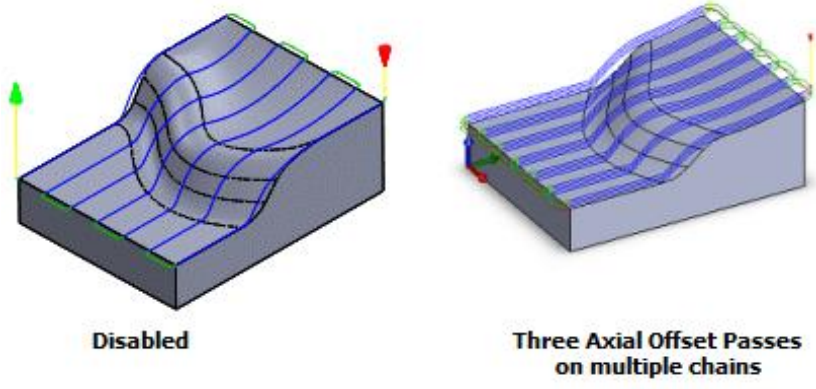


Görsel 2.67. Takım yolu oluşturma esnasında kesme yönü seçimi biçimleri

➢ Axial Offset Passes

Z ekseni doğrultusunda çoklu talaş derinliği ile işleme seçeneği.

Eksenel pasolar, Z ekseni doğrultusunda çoklu talaş derinliği ile işleme için kullanılabilir. Birkaç pasoda sabit bir kütük üzerinde talaş kaldırmak için kullanışlı bir yöndemdir.



Görsel 2.68. Parallel ile çoklu paso açık ve kapalı işlemlerinin gösterimi

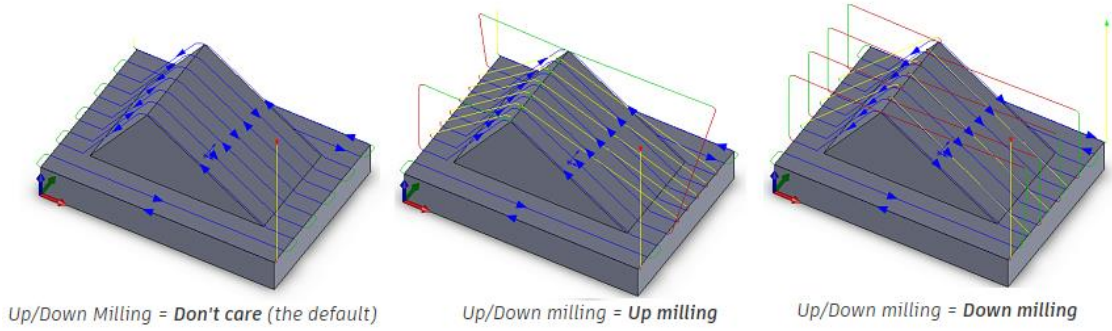
➢ Up/Down Milling

Yukarı aşağı kesme seçeneği takım yollarının kesme yönlerini ayırmak için kullanılabilir. Böylece işlenecek yüzey yalnızca aşağı ya da yukarı hareketler kullanılarak işlenebilir. Bu belirli bir kesme yönü ile sınırlı takma uçlu kesici takımlar kullanılırken kullanışlı bir yöntem olabilir.

- **Don't care**
  Kesme işlemi hem aşağı hem yukarı biçimde olsun, geçerli seçenektir.

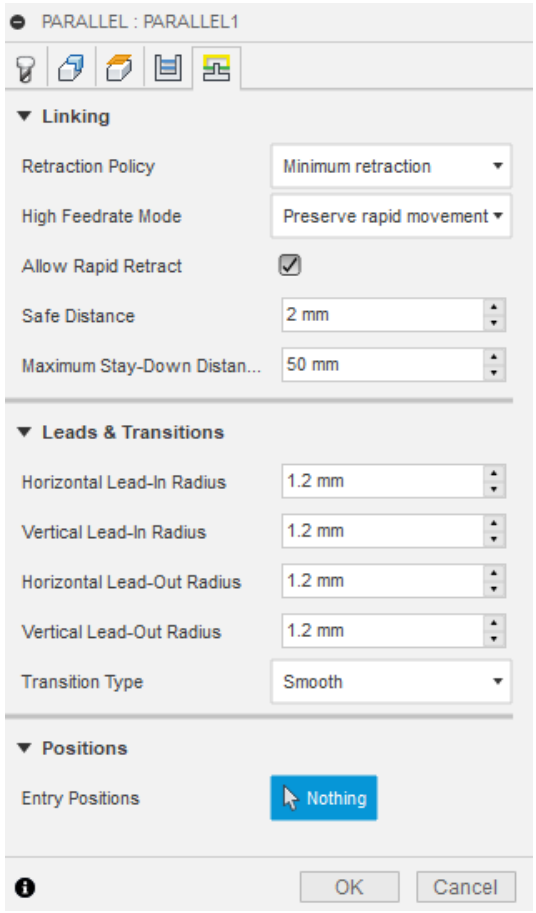
- **Up Milling**
  Yukarı yönlü kesme işlemi gerçekleştirir. İşleme esnasında uç kısmı kesemeyen bir takım kullanılacak ise kullanışlı bir yöntemdir.
- **Down Milling**
  Aşağı yönlü kesme yöntemidir. Uzun ve ince bir kesici takım kullanılıyorsa ve dik duvarların yakınında işleme yapılılacaksa kullanışlı bir işleme yöntemidir.

Yukarı / Aşağı kesme işlemi açı sınırlaması ile sınırlandırılarak küçük duvarlar yukarı aşağı işleme yöntemiyle işlenebilir. Bu sınırlandırma yukarı/aşağı işleme yapılacak en küçük duvar açısını belirlemeye yarar sağlar. Önemseme (Don't care) seçilirse, kesici takımın işleme hareket yönüne göre yukarı veya aşağı doğru işleme yöntemi uygulanır.



Görsel 2.69. Up/Down miling işleme seçenekleri ve takım yolu görünümleri

2.7.3. Parallel komutu Linking seçeneği ve açıklamaları

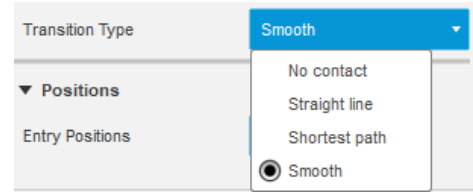


➢ **Safe Distance**

Kesici takımın geri çekme hareketleri sırasında kesici takım ile parça yüzeyleri arasındaki en kısa geri kaçma mesafesi. Kütük pyları verilerek işlem yapılacaksa geri kaçma mesafelerine dikkat edilmelidir. Özellikle kütük eksi değer verilerek pay bırakılacaksa herhangi bir çarpışmayı önlemek için güvenli mesafenin yeterince uygun mesafede olduğunu ayrıca özen ve dikkat gösterilmelidir.

➢ **Traslation Type**

Takım yolu bağlantıları nasıl yapılacağı ile ilgili yöntemlerin seçimini yapılabilme olanağı sağlamaktadır.



➢ **No contact**

Takım yolu bağlantıları bir geri çekilme hareketi ile yapılmaktadır.

➢ **Straight line**

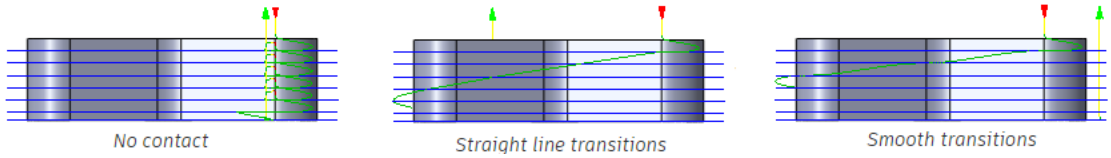
Takım yolu bağlantıları düz hareketler kullanılarak, basit bir biçimde yapılmaktadır.

➢ **Shortest path**

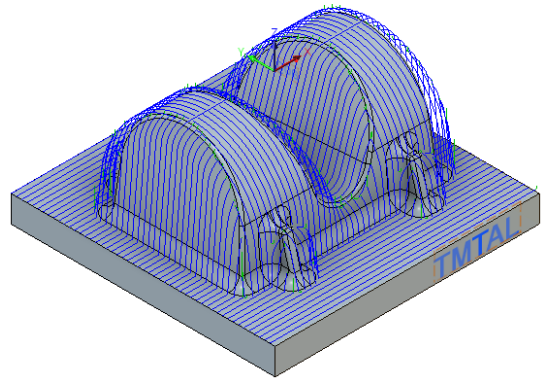
Takım yolu bağlantıları işleme alanı içindeki mümkün olan en kısa yoldan yapılmaktadır. Düz çizgi şeklide kesici takım hareket edebilir.

➢ **Smooth**

Gerektiğinde düzhün yaylar kullanılarak, teğetsel hareketler ile takım yolu bağlantıları yapılmaktadır.

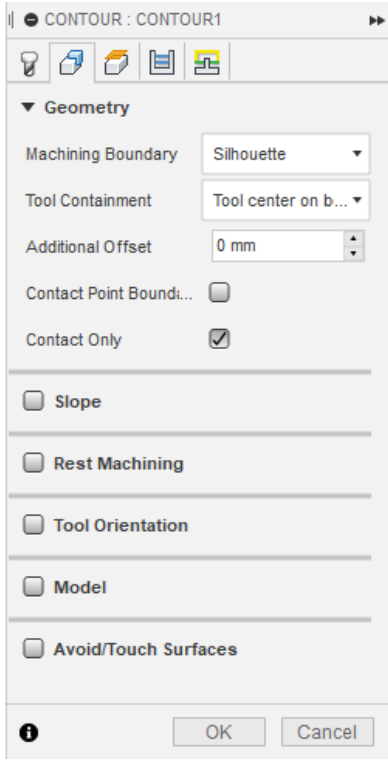


Görsel 2.70. Takım yolu bağlantı seçenekleri ve görünümleri



Görsel 2.71. Parallel işleme yöntemi ile oluşturulan takım yolu

2.8. Contour



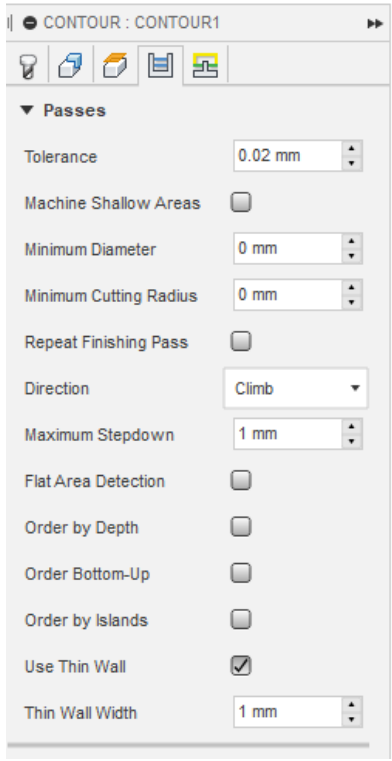
İş parçası üzerindeki dik duvarları eşit Z derinlikleri ile işlemek için kullanılabilir. XY eksenleri boyunca parça etrafında dolanarak Z seviyesinde talaş derinlik değerinde talaş kaldırarak işlem yapılmaktadır. Z derinliği Passes kısmında Maximum Stepdown parametresi ile ayarlanabilir. İş parçası üzerinde dik duvarları işlemek için en etkili son işleme seçeneklerinden biridir. Kesme yolları, köşelerde sabit yarıçaptan ziyade yatay bir maksimum sapma ile yumuşatılabilir. Bu keskin köşelerin iç yüzeylerinde çok küçük işleme yarıçapların oluşmasını sağlar, daha büyük bir yay kesici takımın köşeden daha çok uzaklaşmasına neden olur. Bu yöntem, yüksek hızlı işleme gereklilikleri ile belirtilen tolerans değerlerinde işleme yapılabilmeyi sağlamaktadır.

Bu komut ile işleme esnasında ara kaba (Ret Mchining) işlemleri de yapılabilmektedir.

Komutun birçok seçeneği önceki komutlarda olduğu gibi çalışmaktadır. Farklı olan seçenekler Passes ve Linking seçeneklerinde bulunmaktadır. Bu seçeneklerin kullanımına değinilecektir.

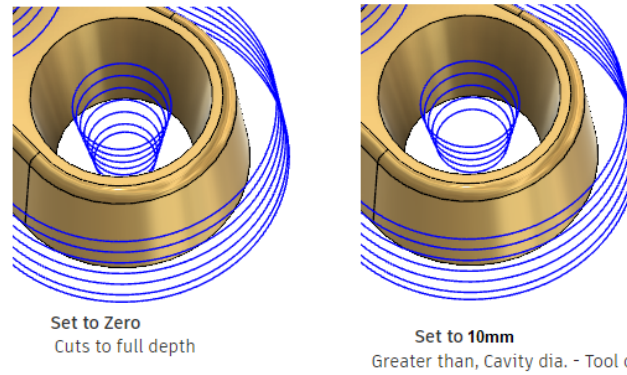
2.8.1. Contour komutu Passes seçeneği ve açıklamaları

Contour komutu Passes seçeneğindeki farklı seçenekler ve çalıştırma işlemleri aşağıdaki gibidir.



➢ **Minimum Diameter**

İşlenebilecek en küçük çap değeri. Değer, takım çapı ve işlenecek byutsal değere dikkat edilerek işlenecek en küçük çap boyutu tespit edilmelidir. Geometriye göre kullanılacak kesici takım çapı ile belirlenen en küçük çap değeri işlenebilecek değerde olmalıdır. İşlenecek ek küçük çap değeri kesici takım çapının girip işleyebileceği boyutta olmalıdır.



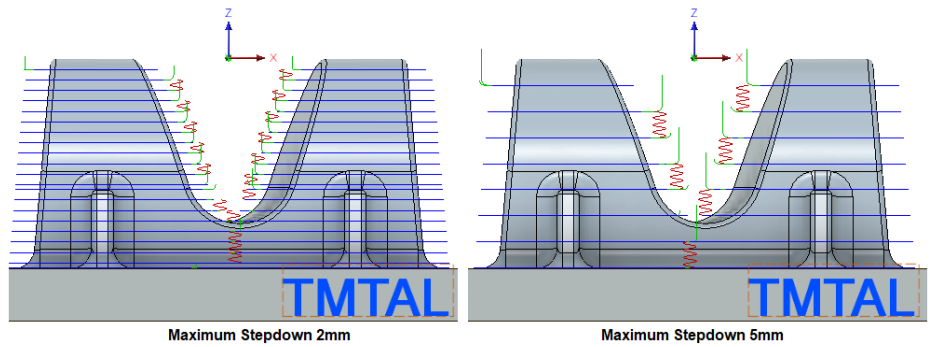
Görsel 2.72. En küçük çap değeri seçeneğinin takım yoluna etkisi

➢ **Repeat Finishing Pass**

Son işlem tekrarı. Takım esnemeleri nedeniyle kalabilecek fazla talaşları temizlemek amacıyla en az bir kere daha. Tekrar kesici takımın çevre etrafında kesim yapması doğru bir yaklaşım olacaktır.

➢ **Maximum Stepdown**

İşleme esnasında Z yönünde her pasodaki talaş derinliği değeridir.



Görsel 2.73. Farklı talaş derinliği ile ilgili değerlerin görünümü

➢ **Order Bottom-Up**

Bu seçenek seçildiği zaman Kesici takım talaş kaldırma işlemini alttan yukarı doğru yapar. Genellikle işleme yöntemlerinde talaş kaldırma işlemi üstten aşağı doğrudur.

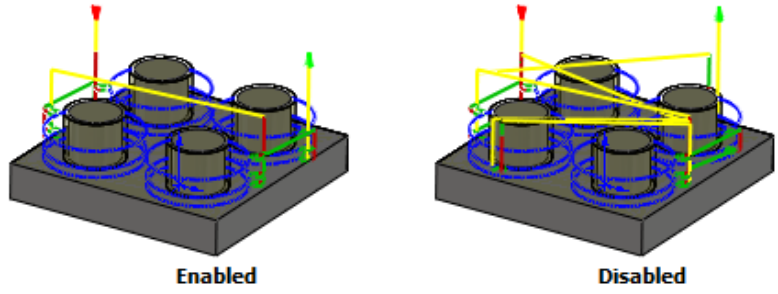
Ancak bazı durumlarda parçanın kaba işlemleri bittikten sonra, son işleme seçeneği olarak alttan üstte doğru talaş kaldırma işlemi kullanılabilir.

Özellikle grafit gibi kırılgan malzemelerin işlenmesinde Alttan Yukarıya doğru işleme yöntemi oldukça fayda sağlaybilir.

- **Order by Islands**

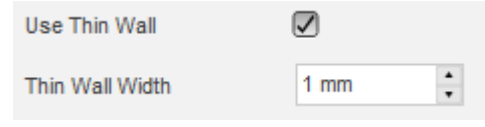
Adacıkların (çıkıntıların) işleme sıralamasının nasıl olacağını ayarlamak için kullanılan seçenektir. Seçenek işaretlendiğinde bir çıkıntı kendi işleme seviyesine kadar işlenir ve bir sonraki çıkıntının işemine geçilir. Seçenek işarelenmediği zaman bütün adacıklar her Z seviyesindeki talaşı kaldırılarak işlenir. Paso sevyeleri aynı düzeyde tutulmaya çalışır.

Not: Order By Island seçeneğinin kullanılması çıkıntıların işlenmesinde kesici takımın boşta gezme hareketlerini azaltır.



Görsel 2.74. Order by Island seçeneğinin açık ve kapalı durumda takımyoluna etkisi

- **Use Thin Wall**



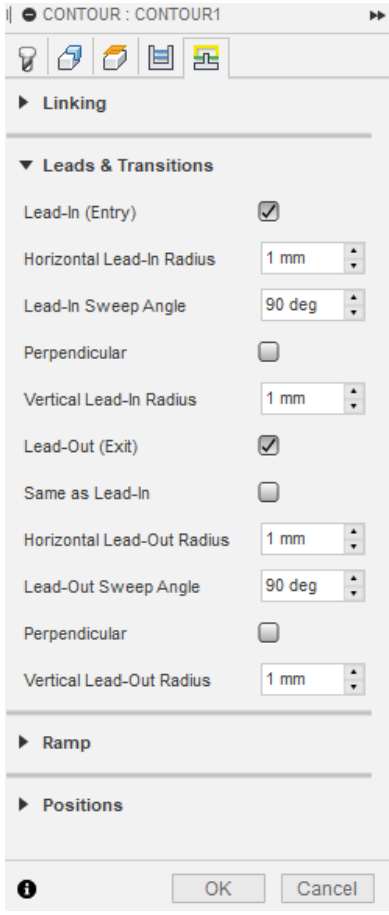
İş parçası, ince duvarlara sahip olabilir ve talaş kadırma esnasında kesme kuvvetlerine maruz kalır. İnce cidarların işlenmesi boyutsal ve geometrik doğruluğun korunmasını zorlaştırabilir ve işlenen yüzeyin istenen yüzey işleme kalitesinde elde edilmesine olanak sağlayamayabilir.

Bu seçenek, ince duvarların aynı anda işlenmesini sağlayarak titreşimi ve kesme kuvveti direncini azaltmak için kullanılabilir.

- **Thin Wall Width**

İnce duvar olarak kabul edil duvarlar genişliği değerini belirleme değeri.
Bu genişlikte veya daha ince olan herhangi bir duvar, titreşimi ve kesme kuvveti diencini azaltmak için her iki taraftan aynı anda işlenir.

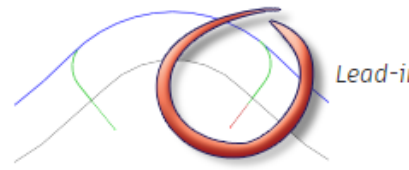
2.8.2. Contour komutu Linking seçeneği ve açıklamaları



Contour komutu Linking seçeneğindeki en önemli farklar Leads&Transitions kısmındadır. Diğer linking seçenekleri önceki komutlardaki gibi çalışmaktadır.

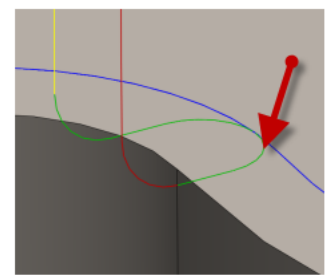
➢ **Lead-In (Entry)**

İş parçası üzerinde kesici takımın ilk giriş seçenedeğerleri



➢ **Horizontal Lead-In Radius**

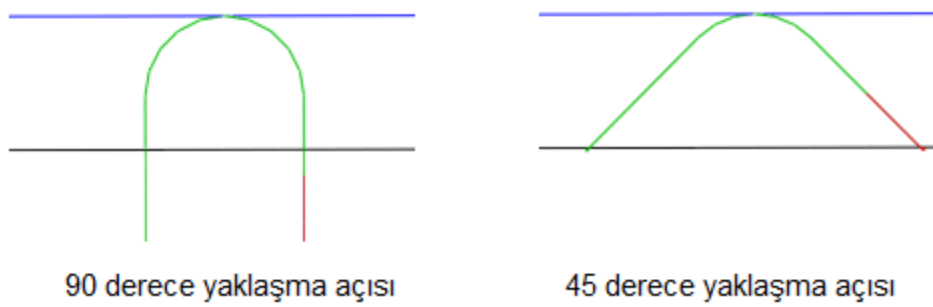
Kesici takımın iş parçasına yatayda yaklaşma hereketi yarıçap değeri.



Horizontal lead-in radius

➢ **Lead-In Sweep Angle**

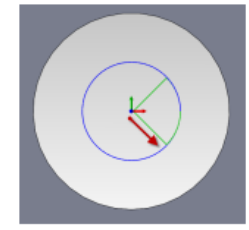
Kesici takımın iş parçasına yaklaşma hereketi yarıçapı, yaklaşma açısı değeri.



Görsel 2.75. Yaklaşma yarıçapı yaklaşma açısı değerlerinin etkileri

➢ **Perpendicular**

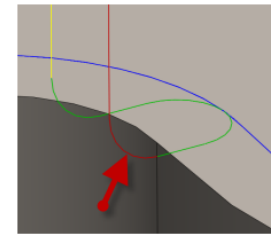
Perpendicular seçeneği işaretlendiği zaman, kesici takımın iş parçasına yaklaşma ve uzaklaşma hereketlerini yaklaşma yarıçapına dik olarak oluşturulmasını sağlar.



Perpendicular entry/exit

➢ **Vertical Lead-In Radius**

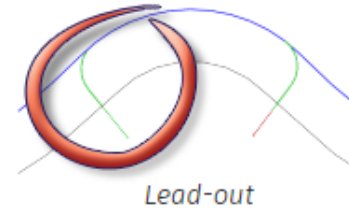
Kesici takımın iş parçasına dikey yaklaşma hereketi yarıçap değeri.



Vertical lead-in radius

➢ **Lead-Out (Exit)**

Seçenek işaretlendiğinde kesici takımın iş parçasına yaklaşmada kullanmış olduğu hareketlere benzer, kesici takımın iş parçasından uzakaşması için de uzaklaşma haretlerinin yapılmasını sağlar.



Lead-out

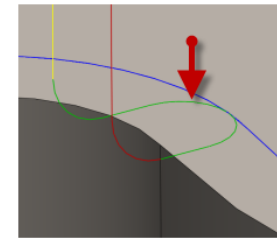
➢ **Same as Lead-In**

Seçenek işaretlendiğinde, kesici takımın iş parçasına yaklaşmada kullanmış olduğu hareket değerlerini, iş parçasından uzaklaşmak için de kullanılmasını sağlar.

Seçenek işaretlenmediği zaman kesici takımın iş parçasından uzaklaşması için ayrı değerler tanımlanabilir. Değerleri tanımlamak için seçenekler açılır.

➢ **Horizontal Lead-Out Radius**

Kesici takımın iş parçasından yatayda uzaklaşma hereketi yarıçap değeri.



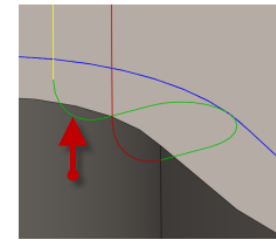
Horizontal lead-out radius

➢ **Lead-In Sweep Angle**

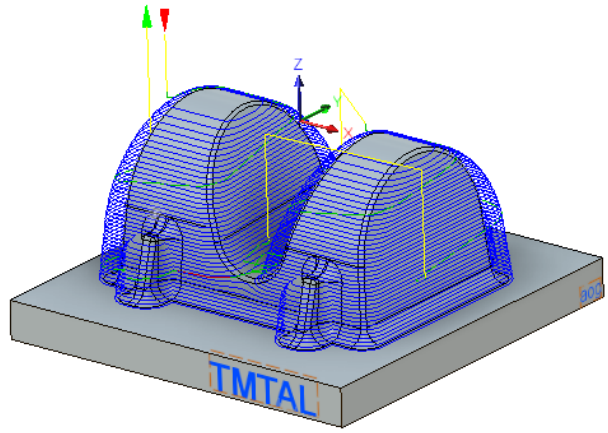
Kesici takımın iş parçasına uzaklaşma hereketi yarıçapı, yuzaklaşma açısı değeri. Yaklaşma değerine bezer uzaklaşma işlemi yapılır.

➢ **Vertical Lead-Out Radius**

Kesici takımın iş parçasından dikey uzaklaşma hereketi yarıçap değeri.

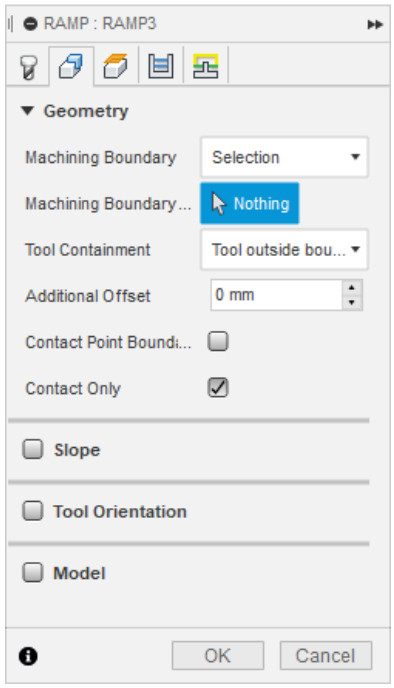


Vertical lead-out radius



Görsel 2.76. Contour seçeneğinin kullanılarak oluşturulmuş takımyolu

2.9. Ramp

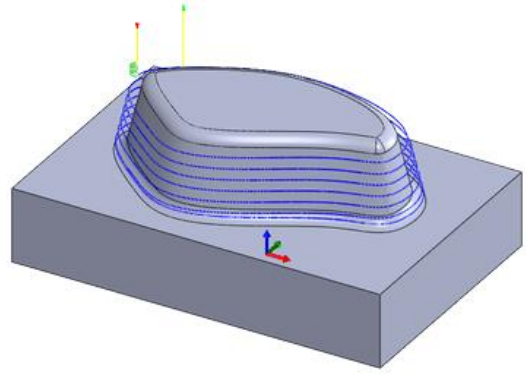


Ramp işleme stratejisi dik duvarları işlemek için geliştirilmiş komuttur. Contour komutu ile benzer yapıda çalışmaktadır. Ancak farklı olan özelliği kesici takım iş parçası üzerinden ayrılmadan helisel hareket (Rampa) yaparak sabit talaş derinliği (adım) ile istenen işleme derinliğine kadar işlem yapar.

Son işleme için kullanılan bir işleme yöntemidir.

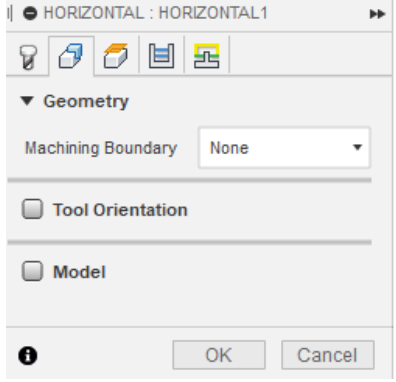
Bu işleme tekniği ile kesici takım parçadan ayrılmadan kesme işlemi gerçekleştirdiği için seramik gibi kırılgan ve sert malzemeler için kullanışlı bir işleme yöntemi olabilir.

Ramp komutu ayarlalama seçenekleri, Contour komutu işletim seçenekleri gibi kullanılabilir.



Görsel 2.77. Ramp seçeneği kullanılarak oluşturulmuş takımyolu

2.10. Horizontal



Bu strateji, parçanın tüm düz alanlarını otomatik olarak algılar ve Pocket stratejisine benzer biçimde düz alanaların temizlenmesini sağlar.

Düz alan sınırlandırlmadığı zaman, kesici takım yan duvarlara temas edinceye kadar düz alanları temizler.

Yatay düz alanları kademeli olarak işlenebilmesi mümkündür, bu işleme strateji bu özelliğinden dolayı düz yüzeyleri kaba olarak işlenmesinde de kullanılabilir.

Kesici takımın yanal hareketlerini Manual Stepover seçeneği, Kademeli olarak düz yüzeyleri işlemek için Passes kısmından Axial Offset Passes seçeneği kullanılabilir.

- **Minimum Cutting Radius**

Kesici takımın talaş kaldırma esnasında köşe dönüşlerini yapacağı en küçük yarıçap değerini ifade eder. Köşe dönüşünü girilen değer kadar değer kadar yumuşatarak köşe dönüşünü yapar. Herhangi bir değer girilmez ise köşelere maksimum yaklaşarak dömüş işlemini yapar.

Not: Köşe en düşük dönüş yarıçapı değeri belirtmek, bir sonraki işlem veya bir sonraki takım için köşelerde fazla talaş yükü bırakır.

Görsel 2.80. Minimum Cutting Radius değerinin takım yoluna etkisi

- **Maximum Stepover**

Kullanılacak en fazla yanal adım değeri.

- **Minimum Steopver**

Kullanılacak en düşük yanal adım değeri

- **Axias Offset Passes**

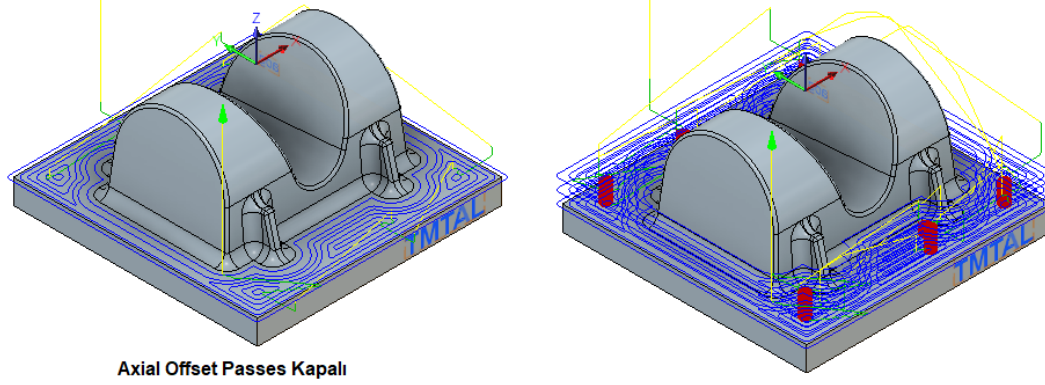
Düz yüzeyleri işlenmesi esnasında kademeli olarak işlem yapmak için kullanılan seçenektir. Horizontal işleme seçeneği son işlem için kullanılacaksa seçeneğin işretlenmesi gerekmez. Ancak biren fazla paso ile düz yüzey işlemi yapılacaksa Axial Offset Passes seçeneği işaretlenir.

- **Maximum Stepdown**

Bu seçenek ile maksimum işleme yüksekliği değeri belirtilir.

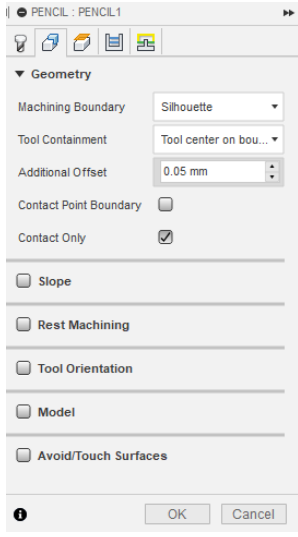
- **Number of Stepdowns**

Bu seçenek ile de işlemin kaç pasoda gerçekleştirileceği değeri girilir.



Görsel 2.81. Horizontal seçeneği kullanılarak oluşturulmuş takımyolu çeşitleri

2.11. Pencil

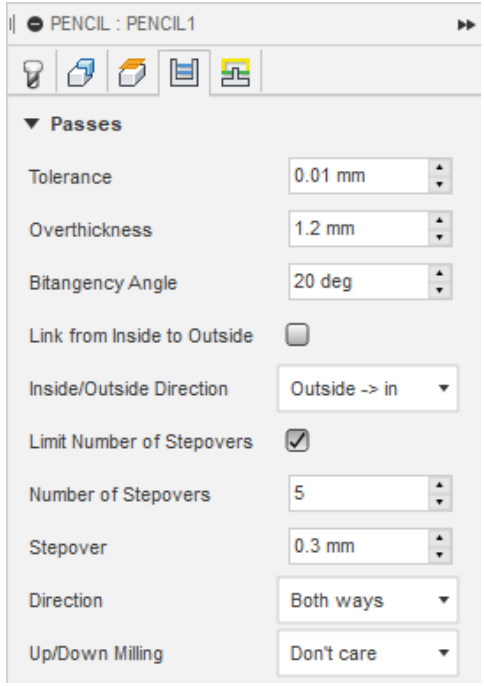


Pencil milling işleme stratejisi iç köşe kenarlarda kesici takım yarıçapına eşit veya daha küçük yarıçaplara sahip köşe yuvarlatmaları boyunca takım yolları oluşturmak için kullanılabilir. Bu işlemi tek bir seferde veya birkaç tekrar ile gerçekleştirmek mümkün olabilir. Tek bir seferde yapılan işlem son işlem olarak nitelendirilebilir. Birkaç tekrar ile yapılan işlem ise son işlem olarak ta kullanılabilir veya bir sonraki işlem için kullanılan ön işlem olarak ta nitelendirilebilir.

Bir sonraki daha küçük çaplı kesici takım için köşelerdeki talaş miktarını azaltmak için kullanılabilr.

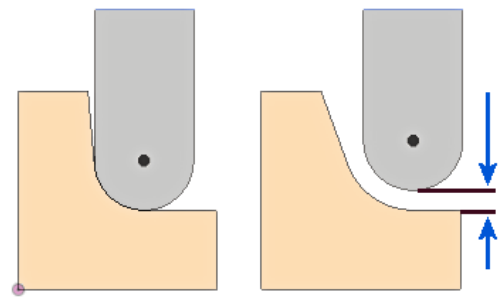
Komutun temel kullanım farkları Passes ve Linking seçeneklerindedir. Bu seçeneklerin farklı olanlarının kullanımına değinilecektir.

2.11.1. Pencil komutu Passes seçeneği ve açıklamaları



- **Overthickhness**

Takım yolu hesaplanması esnasında algılanması için uygulanacak kalan talaş payıdır, Kesici takım yarıçapını aşan bir yarıçapa sahip köşe yuvarlatmaları boyunca takım yolu oluşturulması sağlanır.



Görsel 2.82. Kesici Takım yarıçapı ve hesaplanacak kalan talaş miktarı

- **Bitangency angle**

Takımyolu hesaplanması esnasında kullanılacak açısal değer. Bu değere uygun olarak kesici takımın yan yüzeye ve alt yüzeye temas edecek şekilde takım yolu türetilmesi sağlanır. Kalan talaş miktarı değeri ve açısal değer uygun olmalı, eğer uygun olmaz ise takımyolu hesaplanmayabilir.

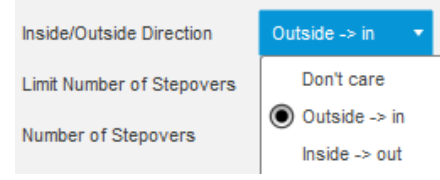
Görsel 2.83. Açısal değer ve temas noktasının takım yolu hesaplanmasına etkisi

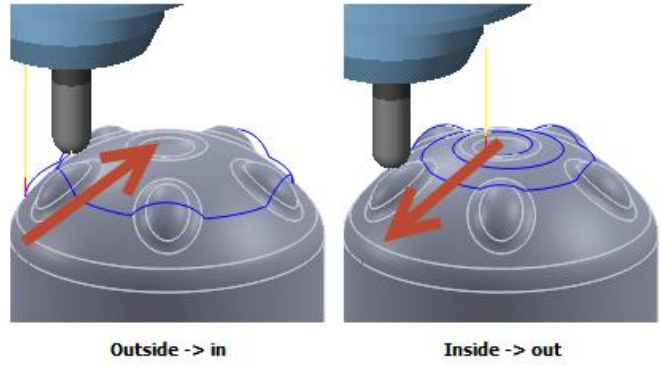
- **Link from Inside to Outside**

Takımyolu bağlantılarının özel bir sıraya gerek duyulmadan yapılması gerekip gerekmediğini belirtmek için kullanılacak seçenektir. Seçenek işaretlendiğinde takımyolu bağlantılarının içten, dışa doğru yapılmasına dikkat edilerek takım yolları hesaplanır.

- **Inside/Outside Direction**

Takım yolunun dıştan içeriye doğru (Outside_>in), içten dışarıya doğru (Inside_>out) hareket etmesini sağlamak için kullanılacak seçenektir. Fark etmez (Don't care) seçeneği ise en kısa mesafeli takımyolunun hesaplatılmasını sağlayacaktır.



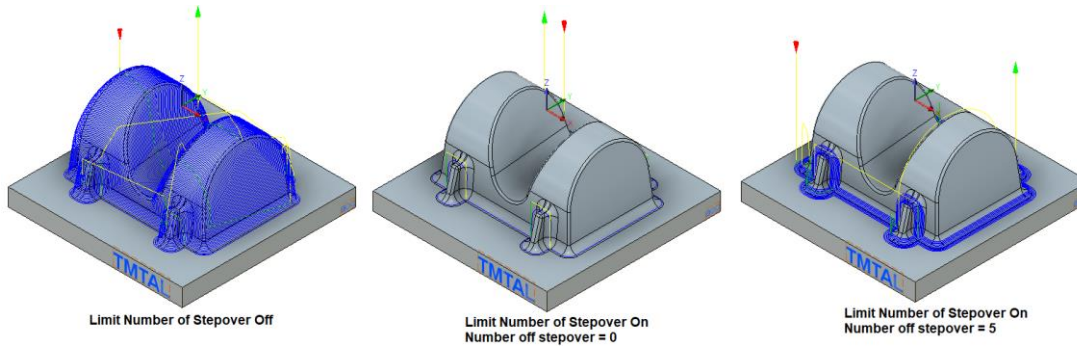


Görsel 2.84. Takımyolunun dıştan içe ve içten dışa doğru hareketi

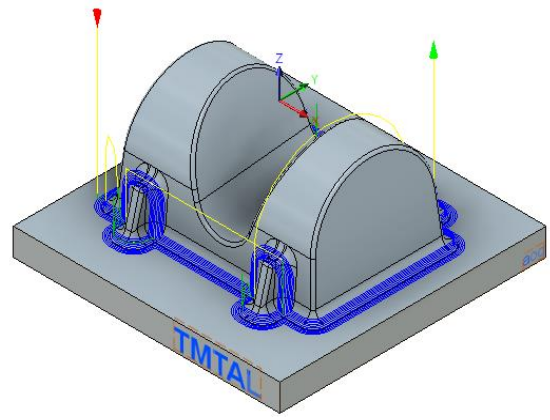
- **Limit Number of Stepovers**

Seçenek işaretlenmediğinde seçilen sınırın tamamı işlenecek biçimde takımyolu oluşturulur. Seçenek işaretlendiğinde tek bir son işleme takım yolu türetilmesi için sıfır değeri girilmelidir. Girilen değer sayısı (Number of Stepovers) ve yanal adıma (Stepover) bağlı olarak kalan talaş miktarı ve açısal değere bağlı yeteri kadar geçiş olacak biçimde takım son işleme takım yolu oluşturulur.

Özellikle son işlem olarak küçük iç yuvarlatmalarda temiz ve pürüzsüz bir köşe yüzeyi elde edilebilmesi için tek turluk bir takım yolu oluşturulması fayda sağlayacaktır.



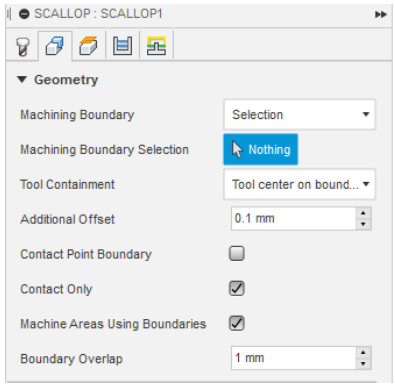
Görsel 2.85. Limit Number of Stepover seçeneğinin açık ve kapalı durumda takımyoluna etkisi



Görsel 2.86. Pencil milling işleme yöntemi ile oluşturulmuş takımyolu

2.12. Scallop

Sabit yanal adım ile seçilen sınır formuna uygun takım yolu oluşturarak yüzey formlarına son işleme yapmak için kullanılabililecek komuttur.



Bölgesel son işleme yöntemi olarak kullanılabiliceği gibi, bölgesel ara kaba işleme yöntemi olarakata kullanılabilir. Contour ve Parallel işleme yöntemlerinin birleşimi biçiminde çalışmaktadır. Komut kontrolü bu iki işleme stratejisindeki seçenekler ile aynı özelliklere sahiptir.

Scallop komutun farklı seçenekleri Geometry kısmındadır ve komuta özgü seçenekler açıklanacaktır.

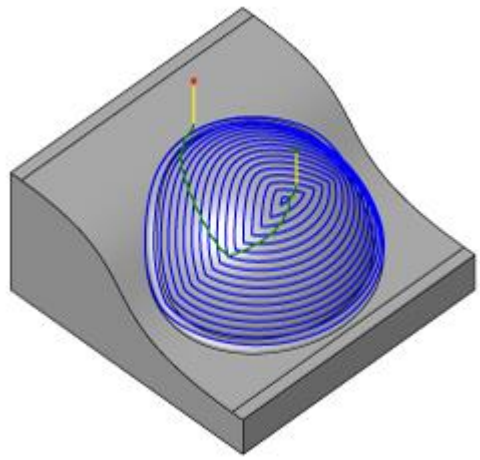
- **Machine Areas Using Boundaries**

Seçenek etkinleştirildiğinde, oluşturulan takımyolu seçilen sınır geometrisinin şekline uygun yanal adımlar oluşturularak türetilir.

Devre dışı bırakıldığında, takım yollarının oluşturulmasında sınır geometrisinin şekline dikkat edilmez.

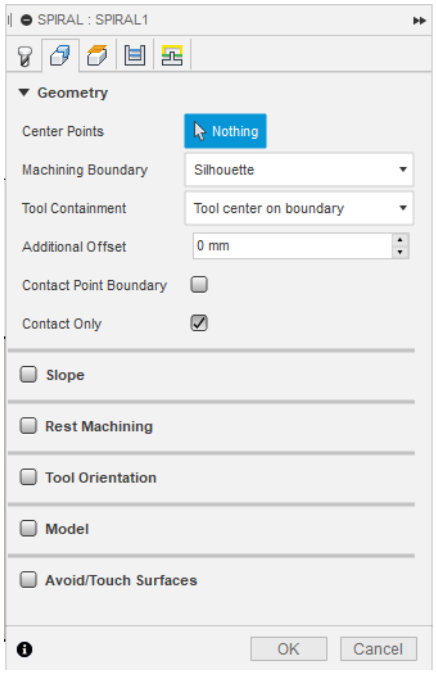
- **Boundary Overlap**

Sınırların örtüşme mesafesini belirlemek için kullanılabilir, böylece işlenen üzey formlarının sınırlarının bir biriye örtüşmesini sağlayabiliriz. Sınır örtüşmesi işleme sınırlarının genişletilerek, farklı sınırlara bağlı olarak işlenen yüzey formlarının arasındaki yüzey işleme farklılıkları giderilmesini sağlamış olur.



Görsel 2.87. Scallop işleme yöntemi ile oluşturulmuş takımyolu

2.13. Spiral



Spiral biçimde hareket ederek belli bir başlangıç noktasına göre içten dışa doğru ve dıştan içe doğru, belirtilen yanal adımla yüzey formuna uygun bir son işleme stratejisidir.

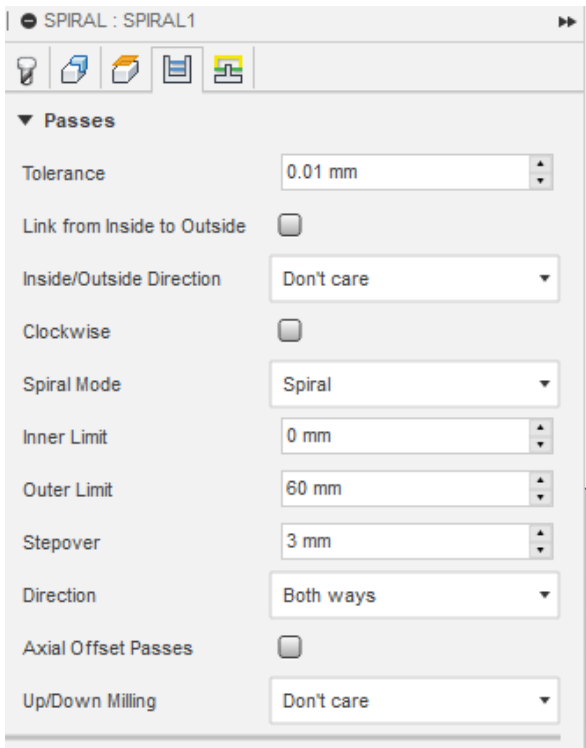
Komutun işleme seçenekleri önceki operasyonlarda olduğu gibir. Farklı olan seçenekler izah edilecektir. Geometry ve Passes kısımlarında komutun işletimi ile ilgili seçenekler bulunmaktadır.

➢ **Geometry**

- **Center Points**

Spiral başlangıç noktasını belirmek için kullanılan seçenktir.

Passes kısmında önceki kullanılan komutlara göre farklı olan seçenekler.

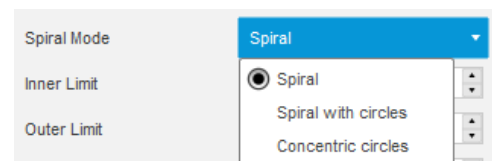


➢ **Clockwise**

Seçenek işaretlendiği zaman takımyolu hareketinin saat yönünde olması sağlanmış olur.

➢ **Spiral mode**

Takım yolunun ne tür bir Spiral biçiminde olmasını belirlemek için kullanılacak seçenektir. Üç farklı seçenek içermektedir.



➢ **Spiral**

Merkez noktasından başlayarak işleme sınırına veya maksimum yarıçapa ulaşana kadar spiral biçimde oluşturulan takım yolu oluşturma seçeneği.

➢ **Spiral wiht circles**

Merkez noktasından başlayarak işleme sınırına veya maksimum yarıçapa ulaşana kadar çember biçimde spiral takım yolu oluşturma seçeneği.

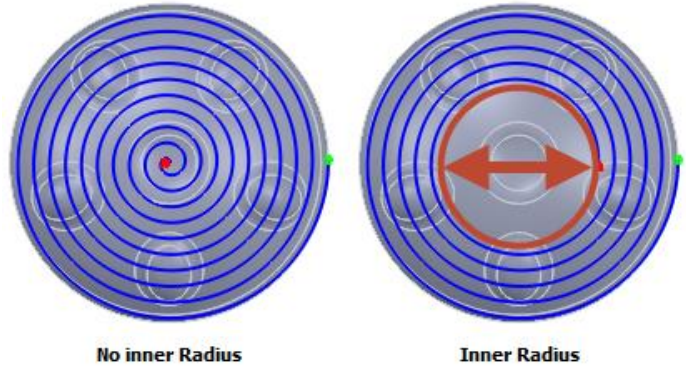
➢ **Concentric Circles**

Merkez noktasından başlayarak işleme sınırına veya maksimum yarıçapa ulaşana kadar eş merkezli çember biçimde spiral takım yolu oluşturma seçeneği.

Görsel 2.88. Spiral mode seçenekleri

➢ **İnner limit**

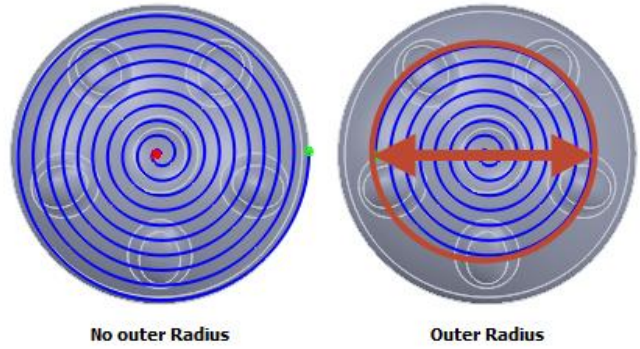
Takım yolunun oluşturulması esnasında en küçük iç yarıçap sınırını ayarlamak için kullanılır.



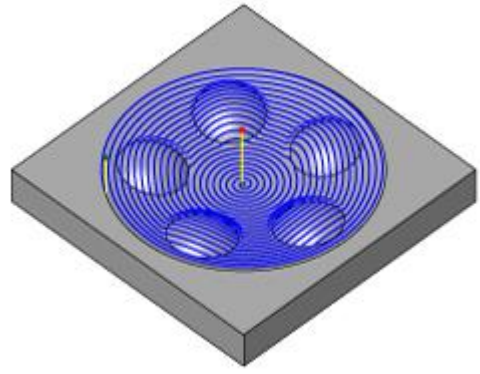
Görsel 2.89. Spiral iç sınır yarıçapını tanımlama

➢ **Outer limit**

Takım yolunun oluşturulması esnasında en büyük dış yarıçap sınırını ayarlamak için kullanılır.

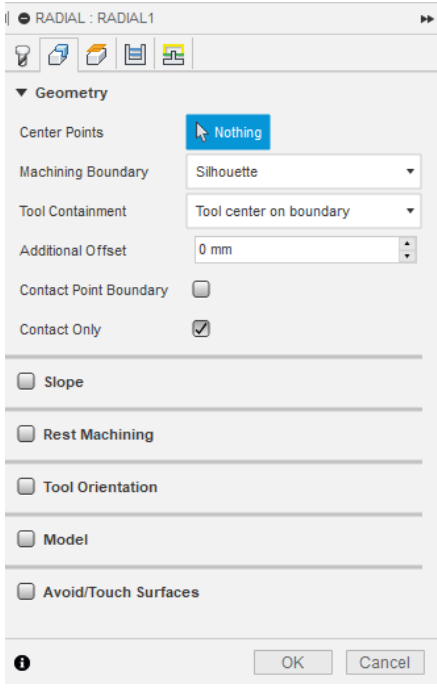


Görsel 2.90. Spiral dış sınır yarıçapını tanımlama



Görsel 2.91. Spiral seçeneği ile oluşturulmuş takımyolu

2.14. Radial



Radial işleme stratejisi, kesici takımın çember/yay merkezine göre dikey biçimde hareket ederek açısal adımlarla yüzey formlarını işlemek için kullanılabilecek son işleme yöntemidir.

Takım yolu bir iç çember/yay ve dış çember/yay ile sınırlandırılabilir. İç çember/yay sıfır yarıçapında olabilir. Takım yolu yanal adımı açısal değer olarak tanımlanmalıdır.

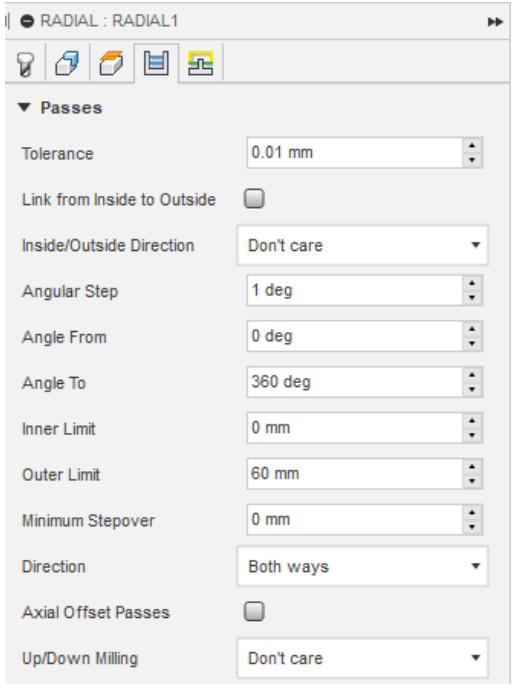
Takım yolları, içten dışa veya dıştan içeriye, dış ve iç yarıçap arasında bir zig-zag düzeninde türetilebilir, aşağı veya yukarı frezeleme yönlü işleme yapılabilmesi için takımyolları otomatik bölümlendirilebilir.

Radial komutu spiral komutuna benzer yapıda çalışmaktadır.

➢ **Center Points**

Merkez noktası tanımlama işlemi yapmak için kullanılır.

Passes kısmında bazı tanımlama farklılıkları bulunmaktadır. Bu farklara özellikle değinilecektir.

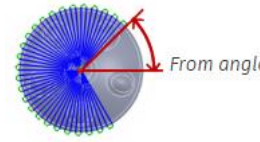


➢ **Angular Step**

Takım yolu yanal adım açısal değeri.

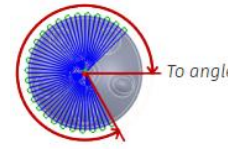
➢ **Angle From**

Radyal başlangıç açısı, WCS'den bakıldığında X eksenine göre ölçülen derece cinsinden değerdir.



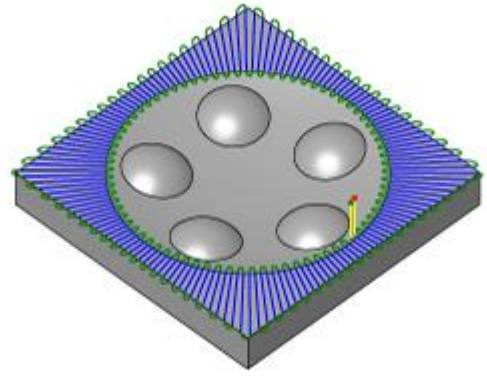
➢ **Angle To**

Radyal bitiş açısı, WCS'den bakıldığında X eksenine göre ölçülen derece cinsinden değerdir.



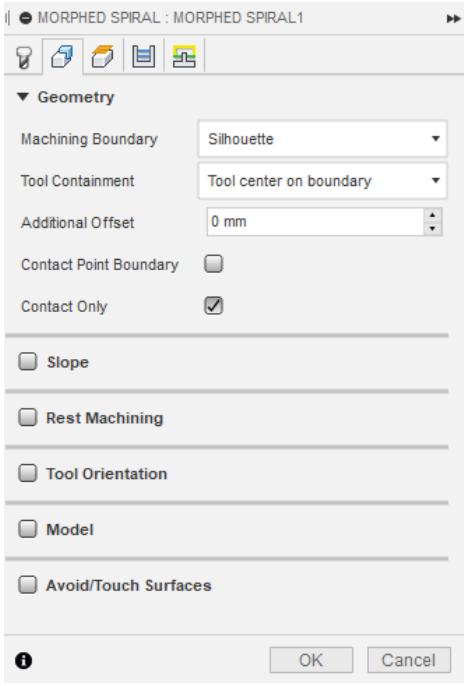
➢ **Minimum Stepover**

Takım yolu en düşük yanal adım değeri.



Görsel 2.92. Radial seçeneği ile oluşturulmuş takımyolu

2.15. Morphed Spiral

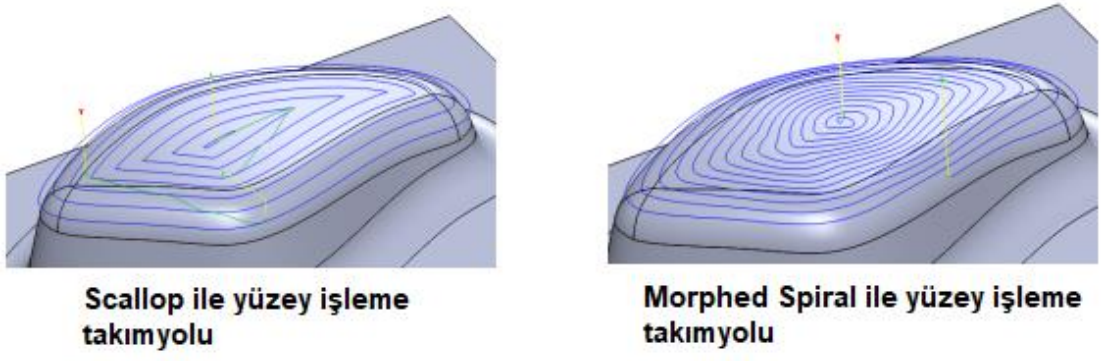


Morphed Spiral strateji **Spiral** stratejisi oldukça benzemektedir. Spiral stratejisine göre en belirgin fark işlenecek yüzey formu sınırlarına uygun bir spiral oluşturak takım yolunun oluşturulmasıdır. Morphed Spiral işleme yöndemi serbest formu yüzeylerde kullanılabilir, bu tarz yüzeylerin işlenmesinde Spiral seçeneği çok uygun olmamaktadır.

Morphed Spiral, serbest formlu / organik yüzeyleri işlerken çok faydalı olabilir. Her ne kadar genelde **Scallop** stratejisi bu tür yüzeyler için sıklıkla kullanılsa da, hem keskin köşeler hem de oluşturulan takımyolu bağlantılarında iş parçası yüzeyinde geçiş izleri oluşabilir. **Morphed Spiral** strateji genellikle takım yolu bağlantı geçiş izlerinin oluşmaması için daha düzgün takım yolu sağlayarak bu sorunların oluşmasını önleyebilir.

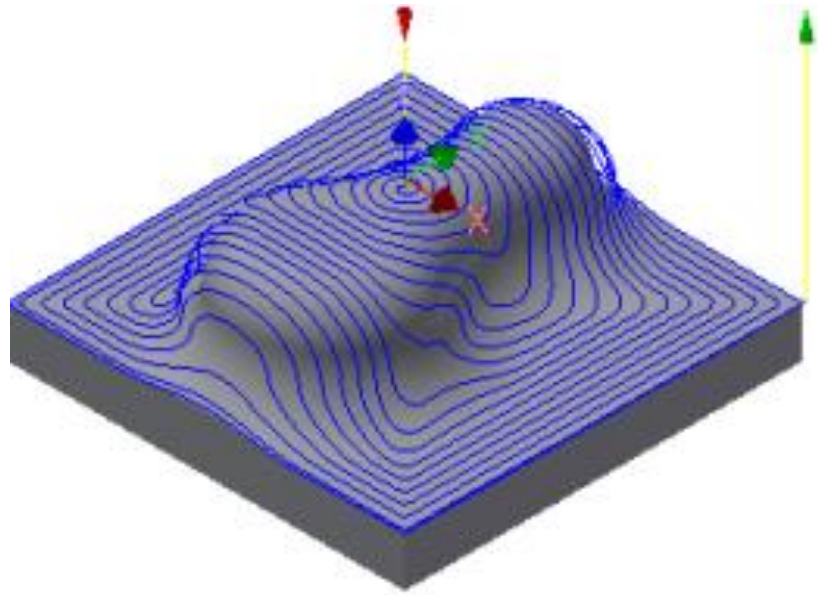
Bu nedenle Serbest formu yüzeyleri işlerken tercih edilmesi gerken bir işleme stratejisi olabilir.

Morphed Spiral komutu seçenekleri aynı Spiral Komutu seçenekleri gibi kullanılmaktadır.



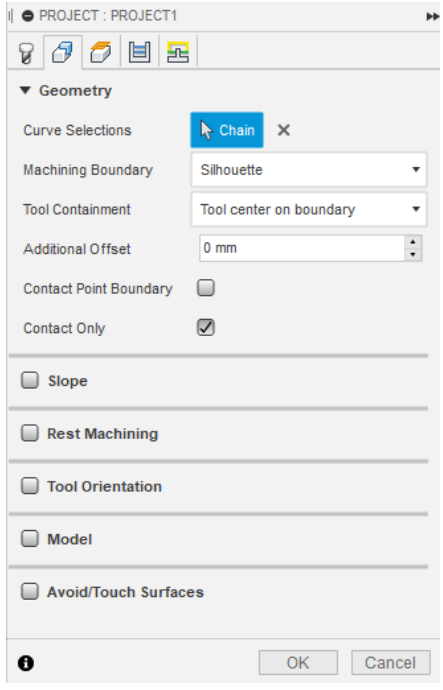
Görsel 2.93. Scallop ve Morphed Spiral ile oluşturulmuş takımyolu karşılaştırılması

Dikkat: **Morphed Spiral** dik duvarları işlemek için uygun değildir, dik duvarları işlemek için Scallop veya daha uygun işleme stratejilerinden birisi kullanılabilir.



Görsel 2.93. Morphed Spiral ile oluşturulmuş takımyolu

2.16. Project



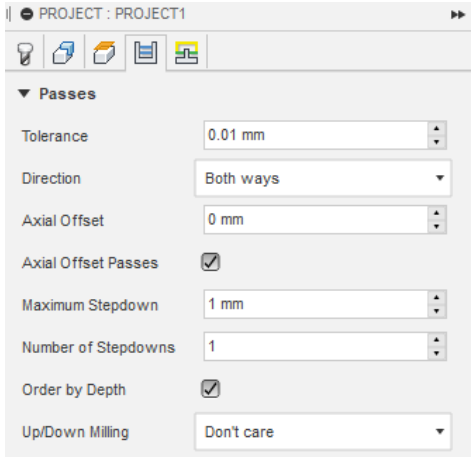
Bir geometriye göre oluşturulan takımyolunun yüzeye yansıtılması için kullanılan işlem seçeneğidir.

Project komutu ile kesici takımın merkezine göre oluşturulan geometrik şekillerin ve yazıların yüzey formuna göre yansıtılması gerektiğinde kullanılabilecek bir son işleme yöntemidir. Oluşturulan geometrik şekiller her zaman yüzeye yansıtılır ve bu nedenle yüzeyde olması gerekmez. Project komutu genellikle bir yüzeye metin veya sembollerin işlenmesi için kullanılabilir. Kesici takımın ucu yüzey formuna uygun hareket ederek takımyolu oluşturulur. Takım yolu, eksenel bir ofset veya bırakılacak bir işleme payına göre yüzeye yansıtılır.

➢ **Curve Selection**

Yüzeye yansıtılacak geometrik şekil veya yazdırılacak yazıyı seçmek için kullanır.

Passes kısmından işlenecek şeklin derinliği ve kaç tekrar sonunda oluşturulacağı gibi değerler tanımlanabilir.



- **Axial Offset**

  Oluşturulacak şeklin derinliği

- **Axial Offset Passes**

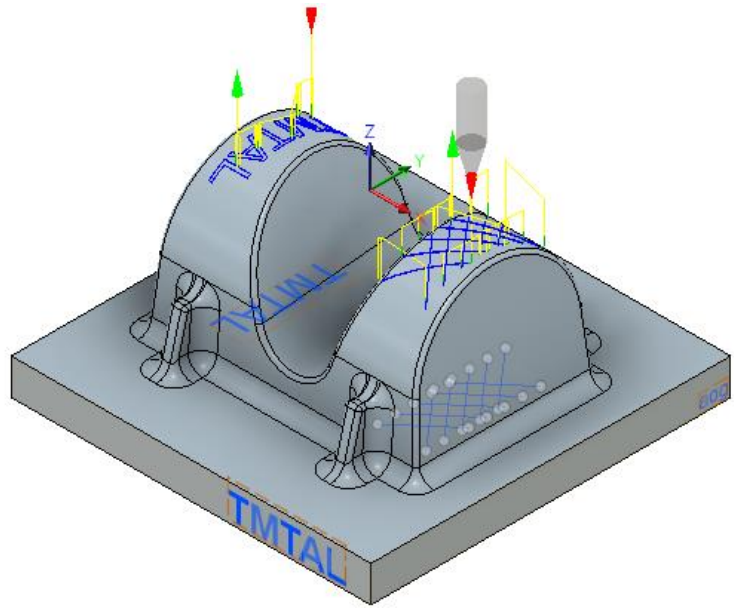
  Dikine paso derinlikleri aktif.

- **Maximum Stepdown**

  İşlenecek en fazla paso derinliği.

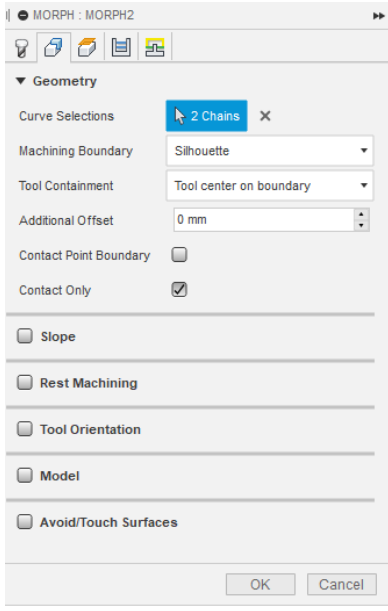
- **Number of Stepdown**

  Toplam işleme derinliğene kaç pasoda ulaşılacağını belirmek için girilen değer.



Görsel 2.94. Project komutu yüzeye yansıtılmış yazı ve desen takımyolu

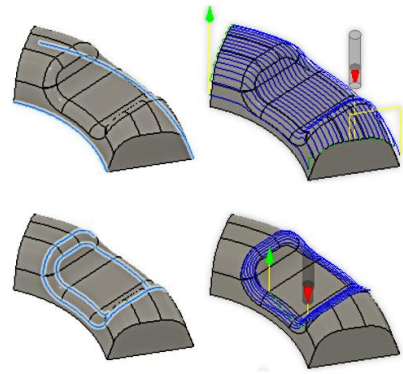
2.17. Morph



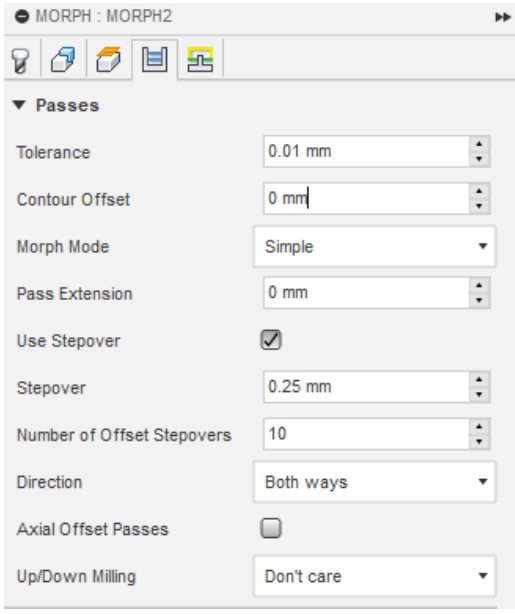
Morph işleme stratejisi iki eğri arasında yüzey formuna uygun takımyolu oluşturmak için kullanılan yöntemdir. Takımyoluna eğrilerin şekli kılavuzluk etmektedir. Zincirleme eğriler, açık veya kapalı sınırlar kullanılabilir. Takım yolları sınır eğrilerinin temel şekline uyacak şekilde uyarlanır.

- **Curve Selections**

  Kılavuz eğerilerini seçmek için kullanılır.



Görsel 2.95. Kılavuz eğrilerin seçimi ve takımyoluna etkileri



Passes kısmından işleme yöntemi ve talaş derinlikleri ile ilgili tanımlamaları yapılır.

➢ **Contour Offset**

Kesici takımın merkezine göre oluşturulan takım yolunu, seçilen kılavuz çizgilerine göre girilen değere bağlı olarak öteleme işlemi yapar. Artı (+) değer takım yolunun kılavuz çizgilerin dışına taşmasını sağlar, eksi (-) takım yolunun kılavuz çizgilerinde içeriye doğru ötelenmesini sağlar.

➢ **Morph Mode**

Seçilen kılavuz geometrisine göre takımyolunun nasıl oluşturulacağını belirlenesini sağlar.

Simple: Kılavuz geometriye bağlı olarak takım yolu hesaplanmasını basit geometrik şekillere göre yapar.

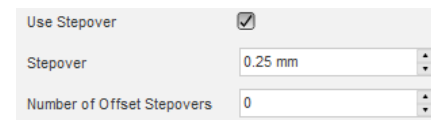
Seçimlerin şekline göre en uygun akış eğrilerine sahip takım yolunu hesaplar.

Closest: Seçilen kılavuz geometriler arasında noktadan noktaya (Noktasal) takımyolu hesaplama işlemi yapar.

➢ **Pass Extension**

Oluşturulan takım yolunun işleme sınırlarının dışına taşmasını sağlayan değerdir.

➢ **Use Stepover**



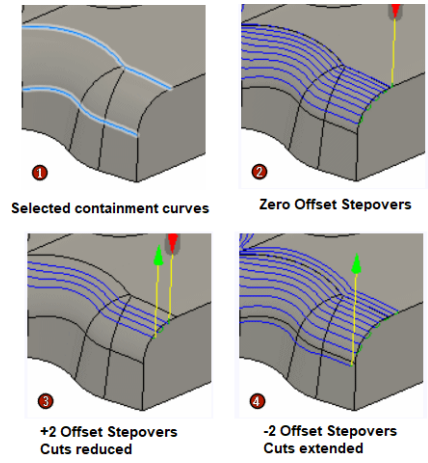
Seçenek işaretlenmediğinde Takım yolu oluşturma esnasında en fazla yanal adıma göre hesaplama yapılır. Seçenek işaretlendiği zaman açılan seçeneklerle yanal adım ve takım yolu sayısını belirlemek için yanal öteleme sayısı girilebilir.

➢ **Stepeover**

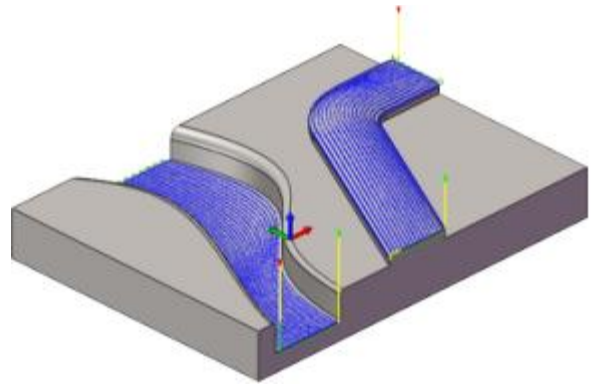
Oluşturulan takımyolu yanal adım değeri.

➢ **Number of Offset Stepovers**

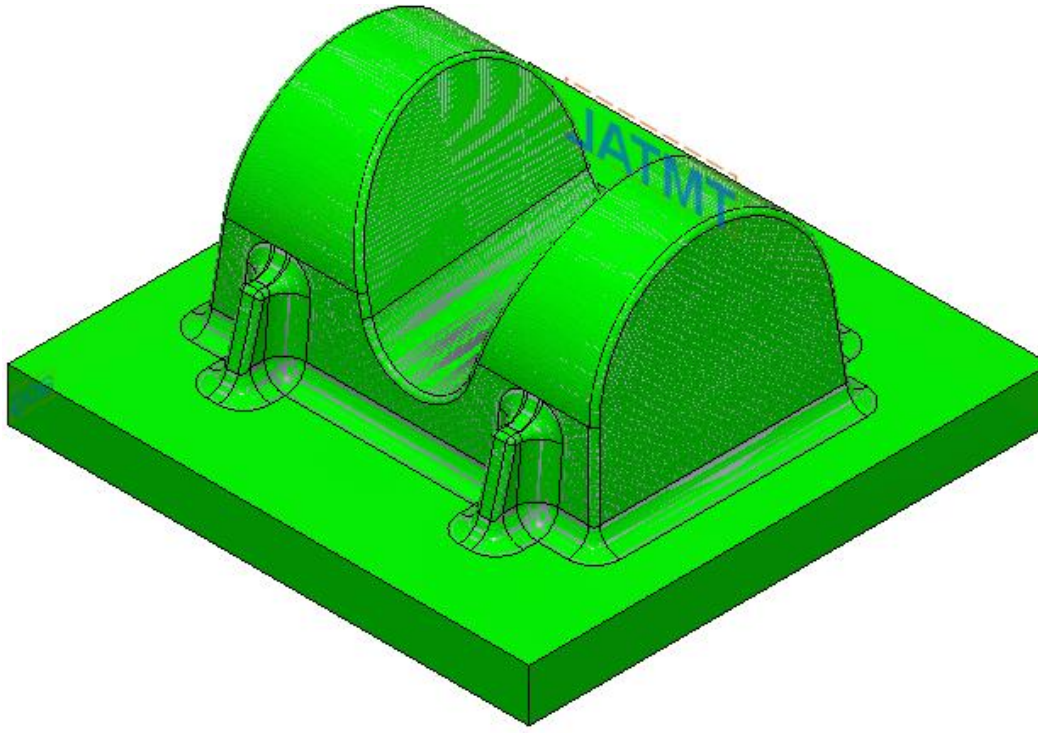
Eğriler arasında oluşturulacak takım yolu sayısını öteleme miktarı girilerek ayarlamayı sağlar.



Görsel 2.96. Number of Stepover seçeneğinin takımyoluna etkileri



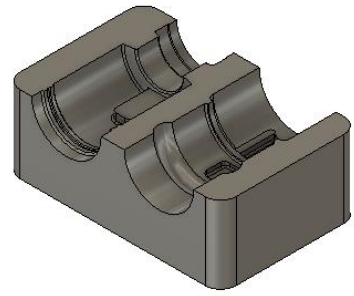
Görsel 2.97. Morph komutu ile iki eğri arasında oluşturulmuş takımyolu

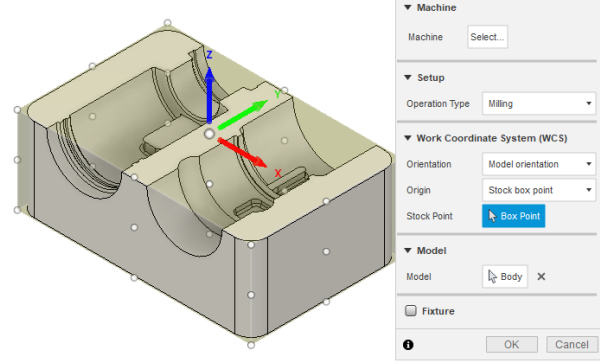


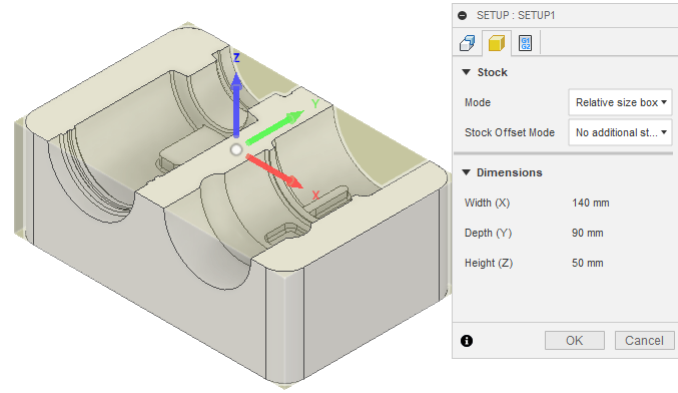
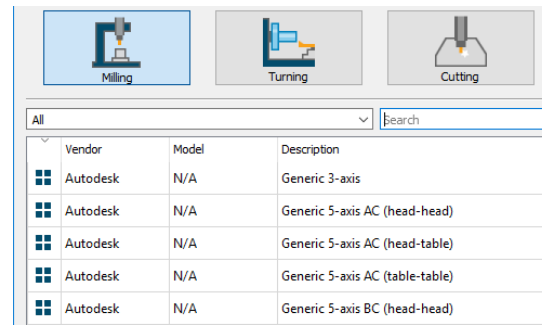
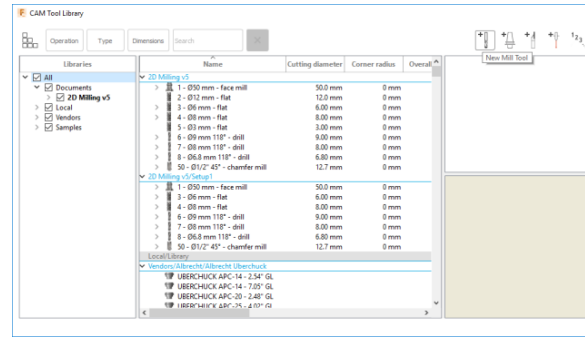
Görsel 2.98. Üç eksen işleme komutları ile işlenmiş iş parçası ve benzetim (simulation) ile kalan talaş kontrolü

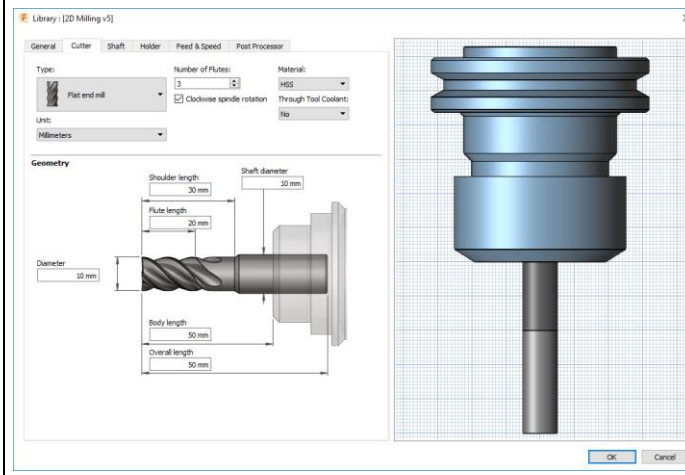
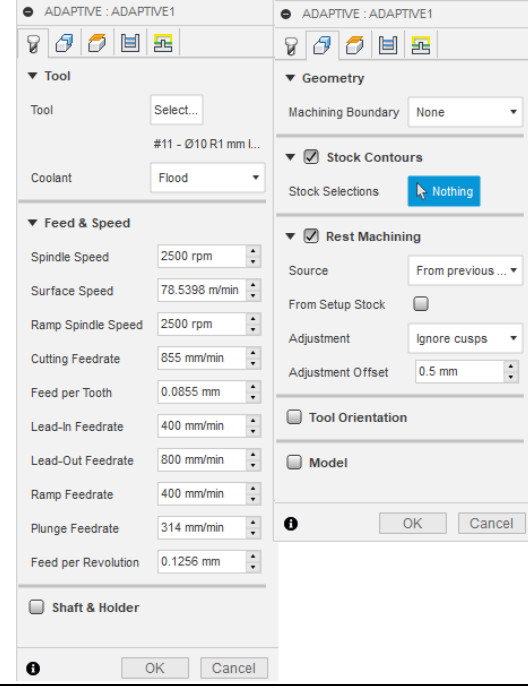
UYGULAMA FAALİYETİ-2

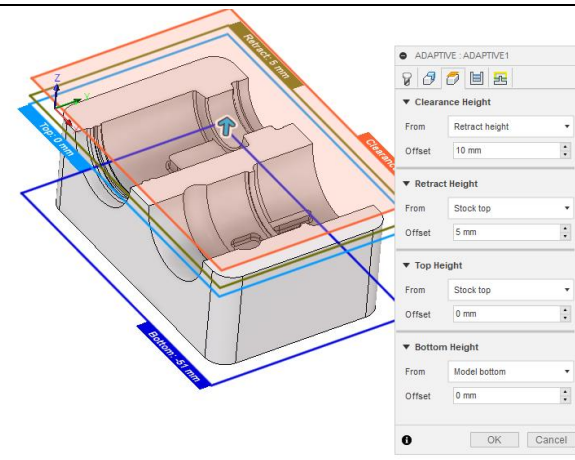
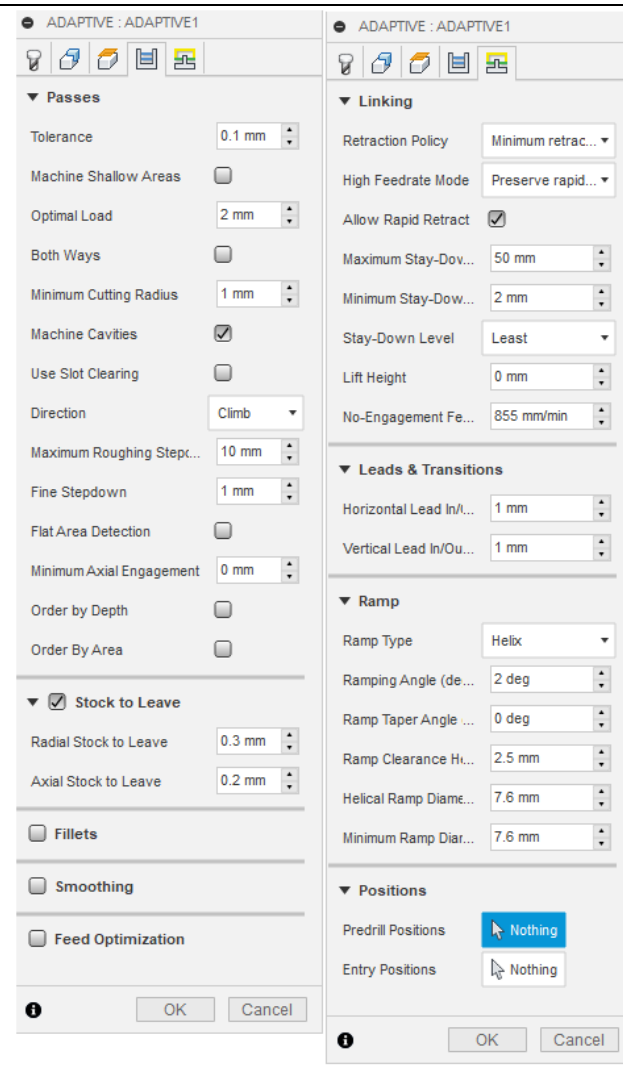
Aşağıdaki verilen iş parçası üç eksen işleme stratejileri kullanarak işlenecektir. Gerekli olan kesici takımseçimlerini yapınız ve gerekli olan kesme şartlarını belirleyerek parçayı işleyiniz. Parça sıfır noktasını, parçanın üst yüzey orta noktası ve kütük boyutları 140x90x50 olacak şekilde tanımlayınız.

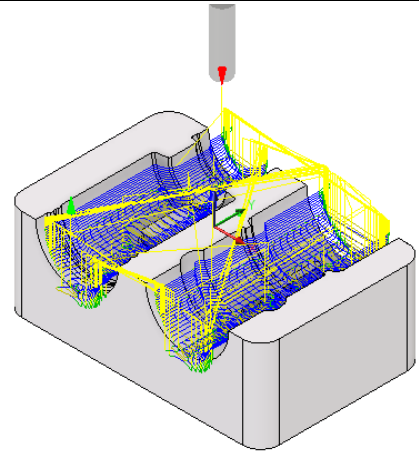
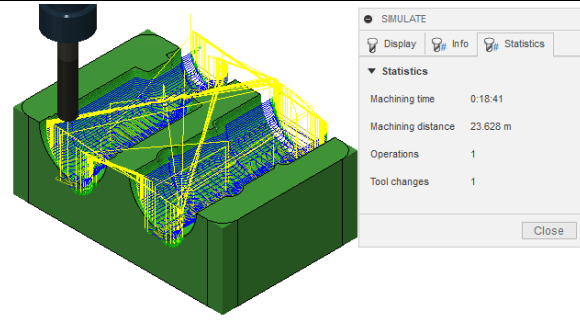
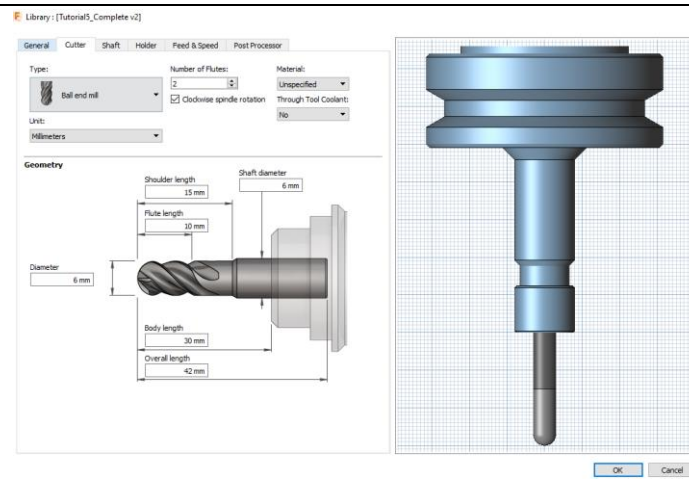


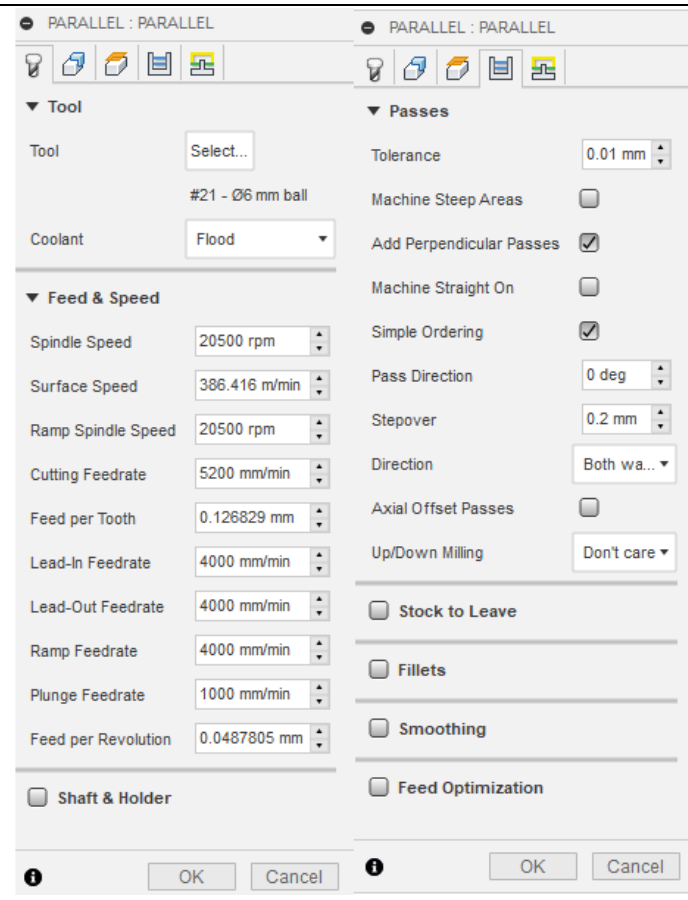
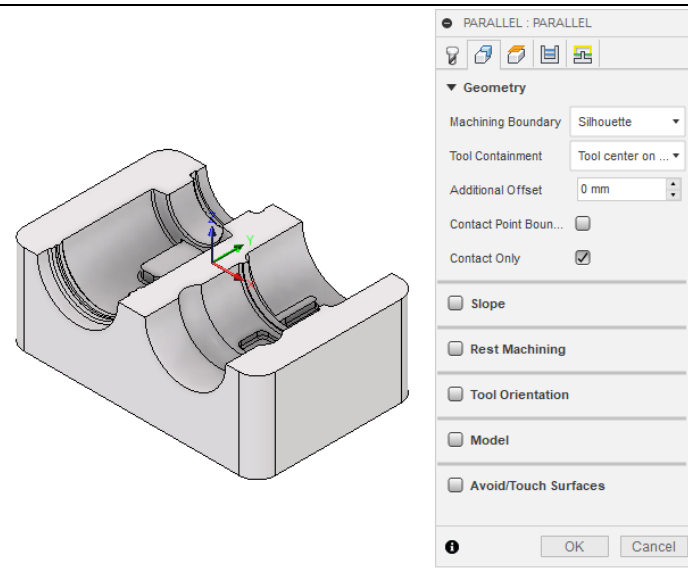
İşlem Basamakları	Öneriler
Parçanın CAD ortamına çizilmesi	Fusion 360 programı içerisindeki Cam uygulama örnekleri kısmından (CAM Samples => Turorials => Tutorial 5) parçayı açınız ve Manufacture seçeneği ile CAM ortamına geçiş yapınız.
Setup ayar seçeneği eklemek.	CAM kısmından Setup ikonu tıklayınız.
Sıfır noktası ayarlarını yapmak.	**Setup** kısmında bulunan **Work Coordinate System** seçeneğinden iş parçasının üst ve ortası olacak şekilde **Stock Point** komutunu kullanarak sıfır noktasını tanımlayınız. 

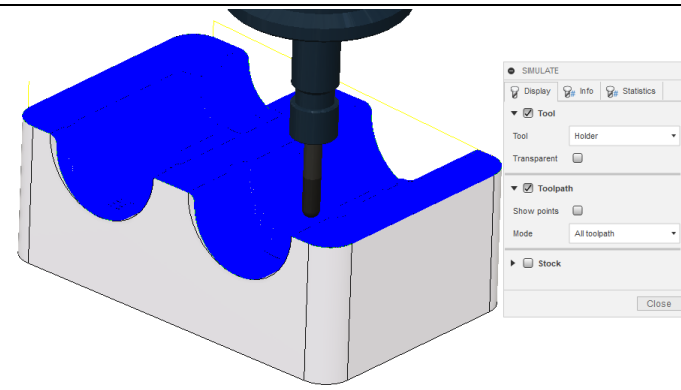
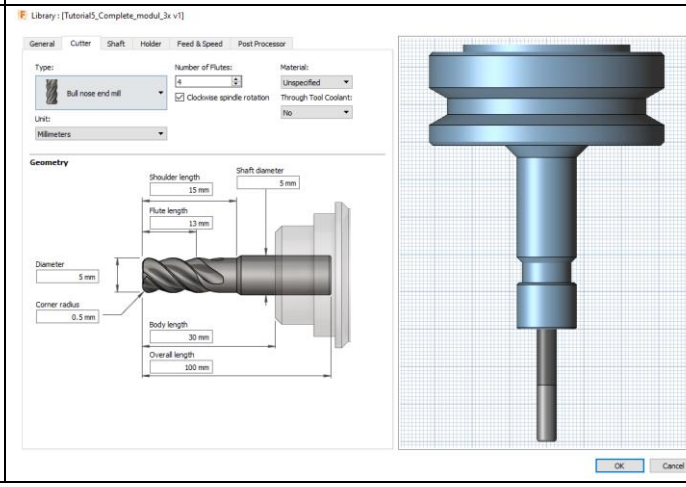
Kütük tanımlaması yapmak.	**Setup** seçeneğinde bulunan Stock menüsüne girerek **Relative Size Box** seçeneği ile 140x90x50 mm ölçülerinde kütüğü tanımlayınız.
Kütük ölçülerini tanımlamak.	
3 eksen CNC freze tezgâh seçimini yapmak.	**Setup** seçeneğinde bulunan **Machine** menüsüne girerek **Generic 3 axis seçimi tıklanır.** 
Kesici seçimi yapmak	Ekrana bulunan **MANAGE** sekmesnden **Tool Library** penceresi seçilir. Ekrana gelen menüden **New Mill Tool** tıklanarak kesici ekleme menüsü aktiflenir. 

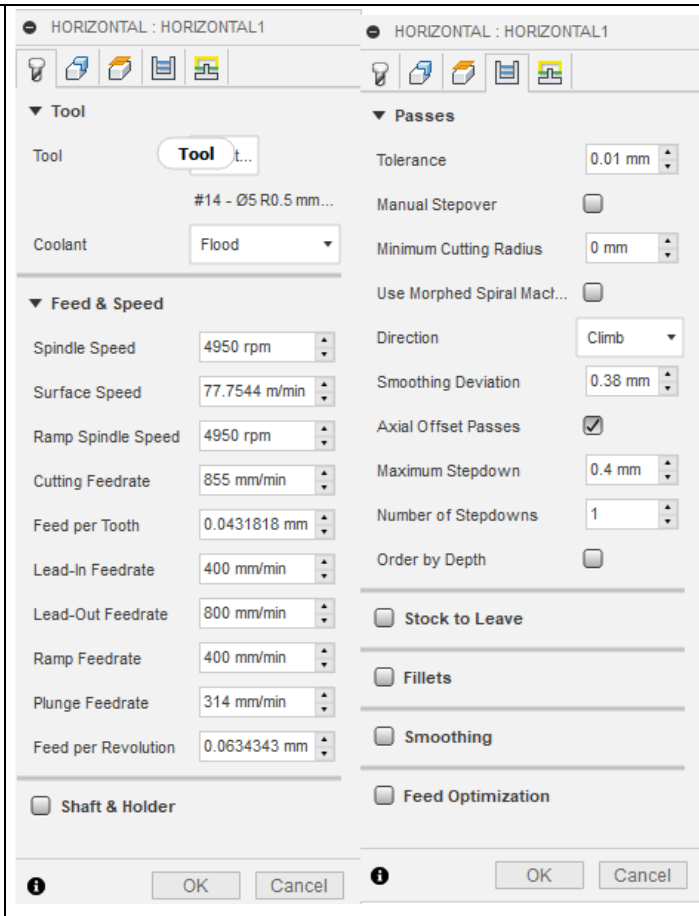
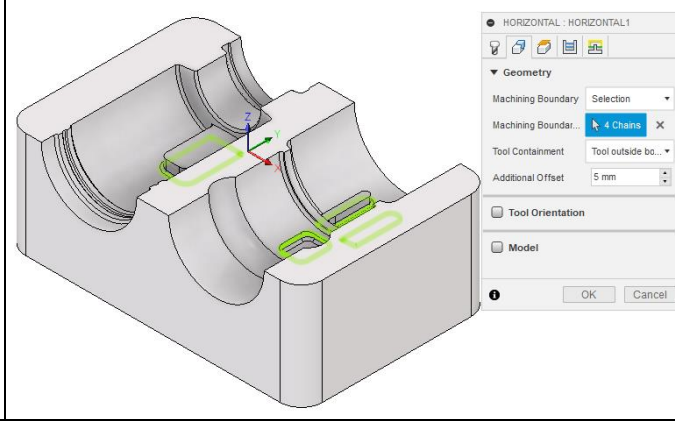
Kaba işleme için Kesici ölçülerini tabloya girmek.	Kesici menüsüden kesicinin çapını 10 mm köşe radyüsü R1 bullnose, kesme boyunu ise 60 mm olarak ayarlayınız. 
Kesici için gerekli devir ve ilerlemeleri girmek. Geometri seçimi yapmak.	

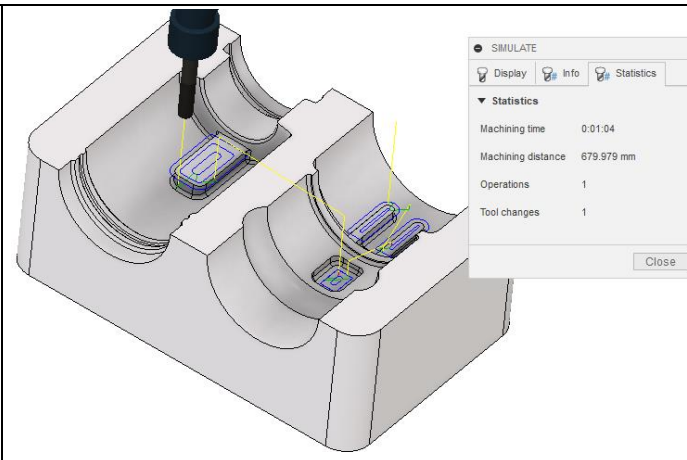
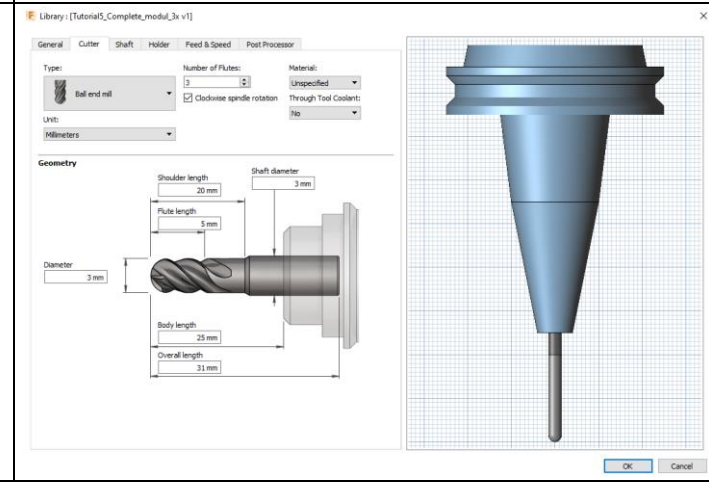
İşleme yükseklik değerlerini seçmek.	
Kesme değerlerini ve geçişleri seçmek.	

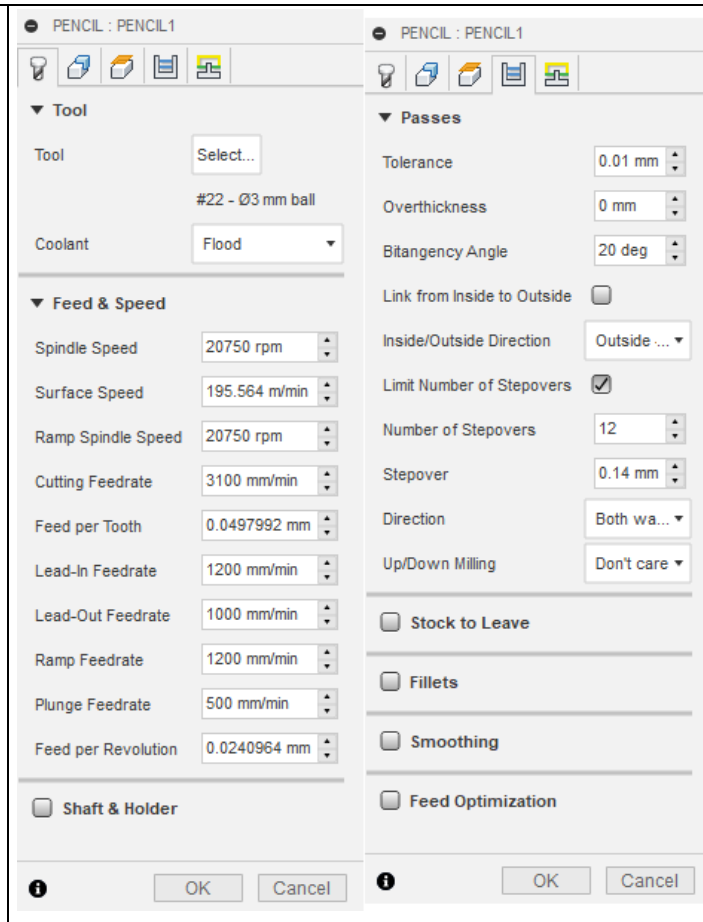
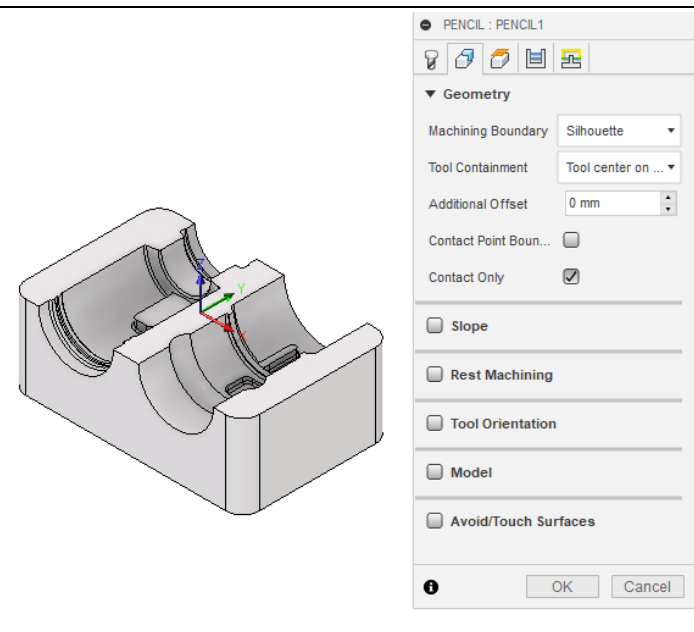
Talaş yüksekliği Maximum Roughing Stepdown 10mm, Fine Stepdown 1mm olacak şekilde takım yolu elde etmek.	
İşleme süresini öğrenebilmek.	
Yüzeye son işleme yapmak	Ø6 küre kesici takımı yüzeye son işlem yapmak için takım kütüphanesinden seçiniz.
Kesici seçimi yapmak.	

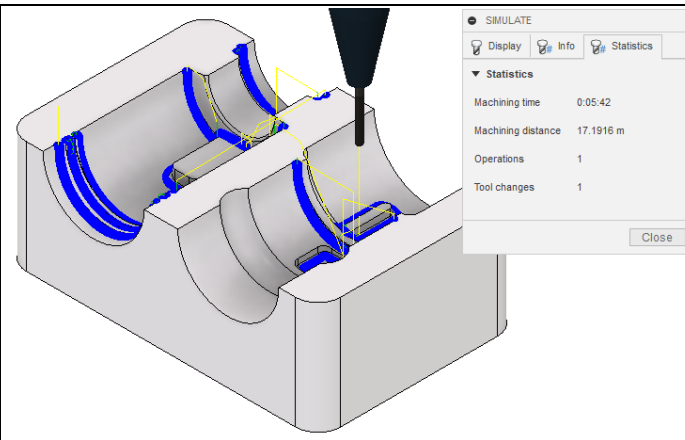
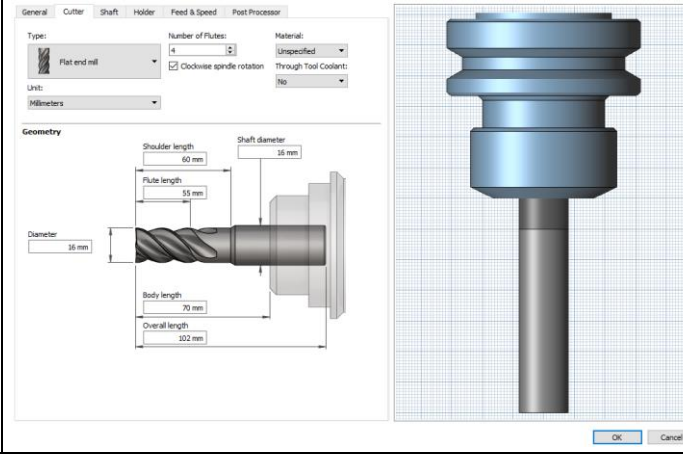
Yüzey son işleme için kesici takım kesme parametrelerini ve paso değerlerini girmek.	
Yüzey son işleme için geometri seçimi yapmak.	

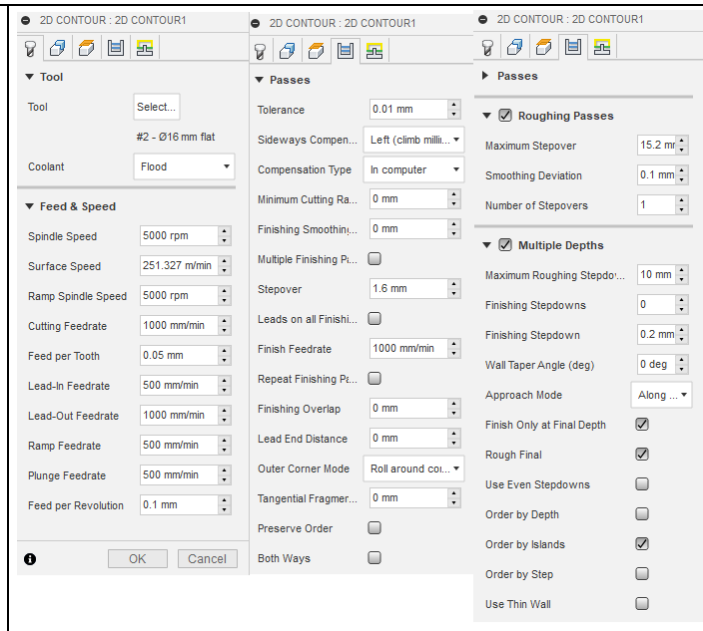
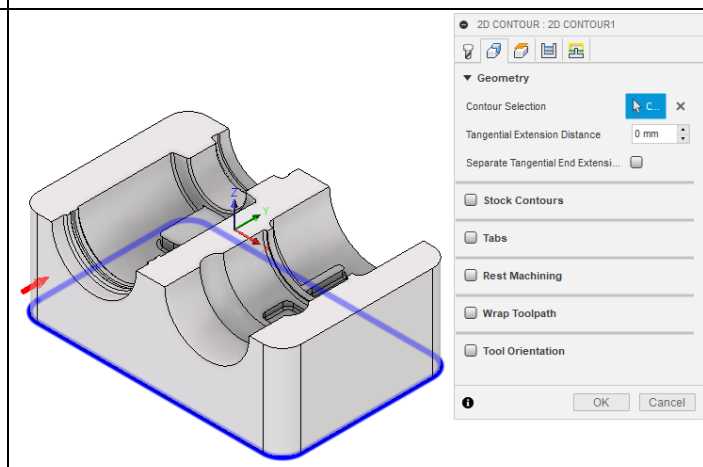
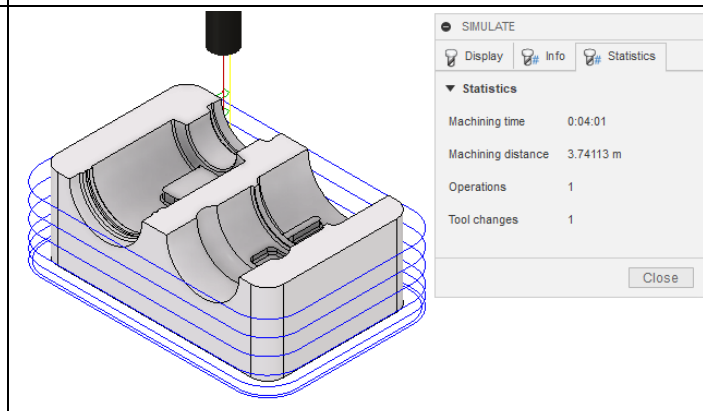
Yüzey son işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	
Düz bölgeleri işlemek	Ø5R1 bullnose takımı düz yüzeyleri işlemek için seçiniz.
Kesici seçimi yapmak	

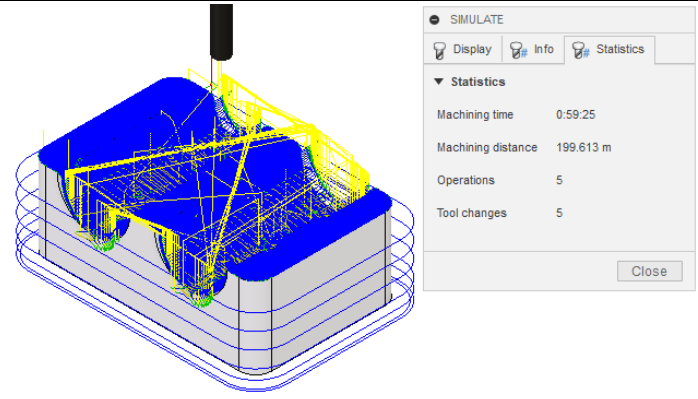
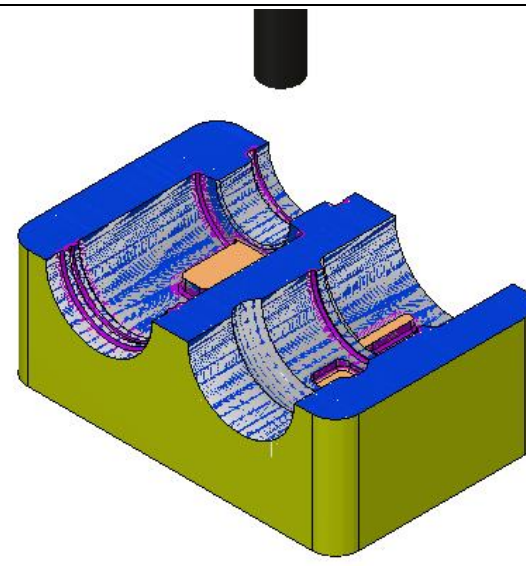
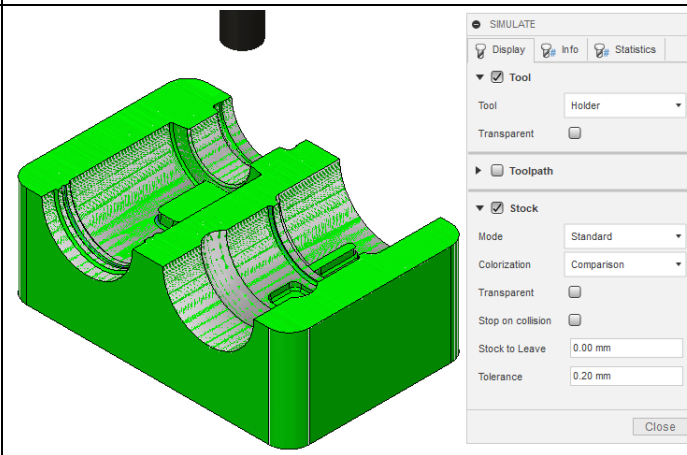
Düz yüzeyleri işlemek için kesici takım kesme parametrelerini ve paso değerlerini girmek.	
Düz yüzey işleme seçeneklerinin uygunlanacağı sınırları seçmek.	

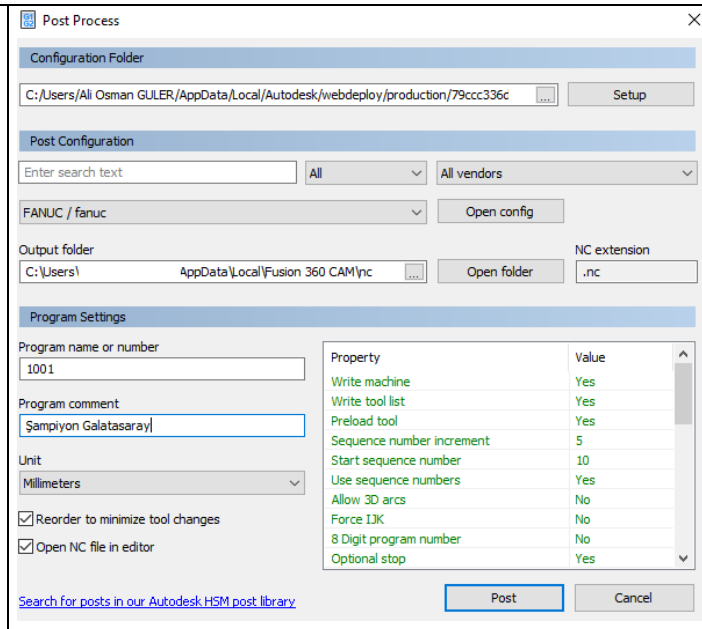
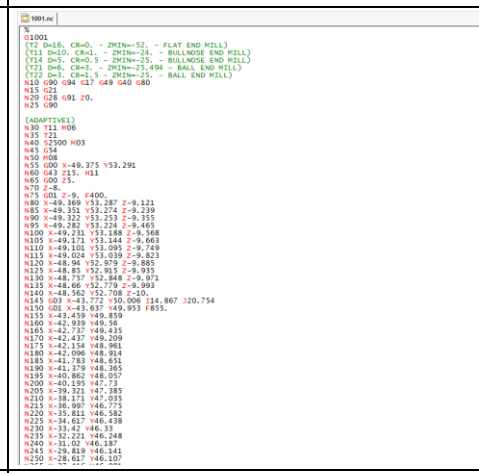
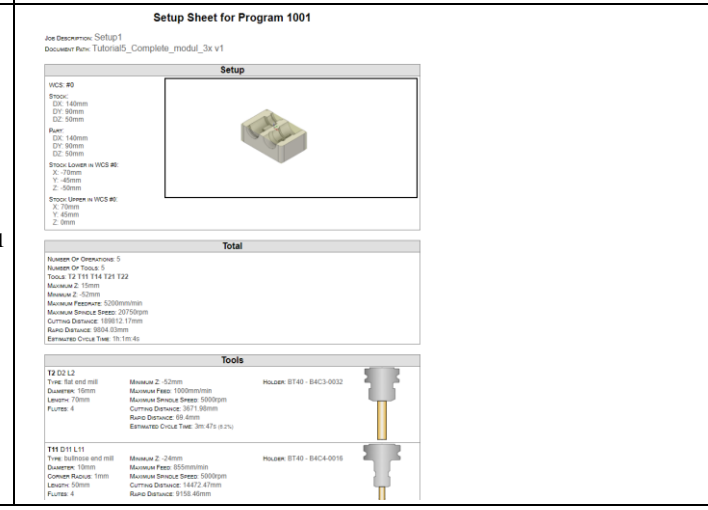
Düz yüzey işleme operasyonu takımyollarını ve işlem zamanını görmek.	
İç köşe kenarları işlemek	Ø3 küre (Ballnose) takımı iç köşe kenar yüzeylerini işlemek için seçiniz.
Kesici seçimi yapmak	

İç köşe kenarları işlemek için kesici takım kesme parametrelerini ve paso değerlerini girmek.	
İç köşe kenarları işlemek için geometri seçimi yapmak.	

İç köşe kenarlarını işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	
Dış duvarları kenarları işlemek	Ø16 Düz freze (End mill) takımını dış duvar kenarlarını işlemek için seçiniz.
Kesici seçimi yapmak	

Dış duvarları kenarları işlemek için kesici takım kesme parametrelerini ve paso değerlerini girmek.	
Dış duvarları kenarları işlemek için geometri seçimi yapmak.	
Dış duvarları kenarları işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	

İşlenen parçanın oluşturulmuş bütün takımyollarını ve toplam işleme zamanını göremek.	
İşlenen parçanın oluşturulmuş bütün takımyollarının bezetimini görmek.	
İşlenen parça üzerinde kalan talaşı benzetimde görmek.	

İşlenen parçanın NC kodlarını türetmek.	
İşlenen Parçanın NC kodlarını incelemek.	
İşlenen Parçanın ayar sayfasını (Setup Sheet) çıkartmak.	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Parçayı Cam uygulama örnekleri kütüphanesinden çağırdınız mı?		
2. Setup sekmesini seçtiniz mi?		
3. Kütük oluşturmak için Setup menüsünden Stock Setup'ı seçtiniz mi?		
4. Kütük değerlerini belirtilen ölçüde girdiniz mi?		
5. Setup menüsünden iş parçasının sıfır noktasını belirlediniz mi?		
6. İş parçayı kaba işlemek için Adaptive Clearing komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
7. Ø10R1 bullnose takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
8. İş parçayı son (finiş) işlemini yapmak için Parallel komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
9. Ø6 ballnose takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
10. İş parçasını düz yüzeylerini işlemek için Horizontal komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
11. Ø5R1 bullnose takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
12. İş parçasını düz yüzeylerini işlemek için Horizontal komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
13. Ø3ballnose takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
14. İş parçasını iç kenarlarını işlemek için Pencil komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
15. Ø16 End mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
16. İş parçasını dış duvarlarını işlemek için 2D Contour komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
17. Benzetim yaparak takım yolalarını ve kalan talaş var mı yok mu kontrol ettiniz mi?		
18. Oluşturulan takım yollarının NC kodlarını türettiniz mi?		
19. İş parçasının yapılan işlemleri ile Ayar Sayfasını (Sheet Setup) çıkarttınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **“Hayır”** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **“Evet”** ise **“Ölçme ve Değerlendirme”**ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME-2

1. Aşağıdaki işlemlerden hangisi yeni nesil 3D Kaba İşleme operasyonunu ifade etmektedir?
A) 2D Pocket
B) Adaptive Clearing
C) 2D Contour
D) Pocket
E) 3D Poket

2. Operasyon içinde paso tanımlama işlemi hangi seçenekten yapılmaktadır?
A) Passes
B) Geometry
C) Height
D) Linking
E) Geometry

3. Aşağıdaki işlemlerden hangisi genelde kullanılan yüzey son işleme operasyonunu ifade etmektedir?
A) Contour
B) Pocket
C) Parallel
D) Pencil
E) Scallop

4. Aşağıdaki hangisi kesici takımın iş parçasına yaklaşma hareketini ifade etmektedir?
A) Lead-out
B) Linking
C) Passes
D) Lead-in
E) Plunge

5. Aşağıdaki işlemlerden hangisi Parçanın Dik kenarlarını İşleme operasyonunu ifade etmektedir?
A) Face
B) 2D Adaptive Clearing
C) 2D Contour
D) Drill
E) Parallel

6. Aşağıdaki işlemlerden hangisi geleneksel 3D havuz boşaltma operasyonunu ifade etmektedir?
A) Face
B) Pocket Clearing
C) Adaptive Clearing
D) Drill
E) Horizontal

7. CNC tezgâhının hızlı (talaş kaldırmadan) hareketleri aşağıda belirtilen hangi seçenekte yapılmaktadır?

A) Stock Height
B) Top Height
C) Retract Height
D) Clearance Height
E) Feed Height

8. İç kenarlara son işleme yöntemi uygulamak için hangi operasyon kullanılır?

A) Pencil
B) Parallel
C) Morph
D) Scallop
E) Radial

9. Aşağıdaki işlemlerden hangisi 3B yan duvarları işlemek için kullanılmaktadır?

A) Horizontal
B) Parallel
C) Contour
D) Scallop
E) Spiral

10. Aşağıdaki işlemlerden hangisi sabit adımlı talaş kaldırarak yüzeylere son işleme yapmak için kullanılır?

A) Horizontal
B) Parallel
C) Pocket Clearing
D) Scallop
E) Morph

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

ÖĞRENME KAZANIMI

Gerekli ortam sağlandığında bu modül ile öğrenci; CAD/CAM programlarını kullanarak işleme parametrelerini oluşturabilecek ve CNC freze tezgâhlarına veri aktararak parça imalatı yapabilecektir.

ARAŞTIRMA

- CNC freze tegahlarında beş eksen işleme yöntemleri hakkında araştırma yapınız.
- Beş eksen CNC tezgâhları çalıştırmak için gerekli olan NC kodlarının üç eksen işleme kodlarına göre farklarını inceleyiniz.

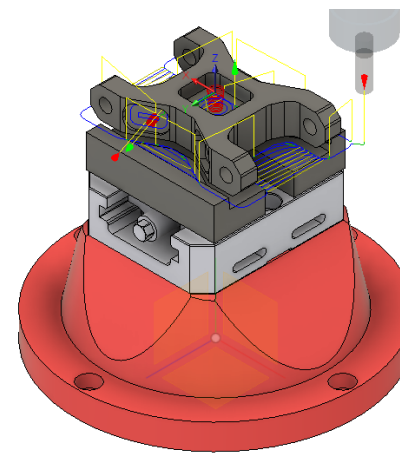
3. BEŞ EKSEN CAM FREZELEME YÖNTEMLERİ

Beş eksen işleme yöntemleri, karmaşık yapıdaki parçaların minimum bağlama tekrarı ile işlenebilmesini yapabilmek için kullanılmaktadır. İmal edilen bir parçanın işlenmesi sürecinde ne kadar fazla sayıda konumlama ve bağlama işlemi yapılırsa, parçanın işlmeme hassasiyetinde boyutsal sapmaların olması kaçınılmazdır. Bu nedenle işleme sürecinde boyutsal güvenirliği sağlayabililmek için iş parçası mükün olduğu kadar az konumlamaya ve bağlamaya maruz kalmalıdır. Bu şekilde iş parçalarının işlenebilmesi için dört ve beş eksen işleme tezgâhları geliştirilmiştir. Dört eksen tezgahlarda hareket eksenlerinin biri (X, Y) kendi ekseni etrafında dönme (A, B, C) kabiliyetine sahiptir. Beş eksen tezgahlarda iki hareket ekseninin de (X, Y) ve kendi ekseni etrafında dönme (A, B) kabiliyeti vardır. Kesici takımın bağlı olduğu Z ekseninin doğrusal hareketi ile beş eksen tezgahlar kullanılabilmektedir

Dört ve Beş eksen işleme yöntemleri şu şekilde sınıflandırılabilir.

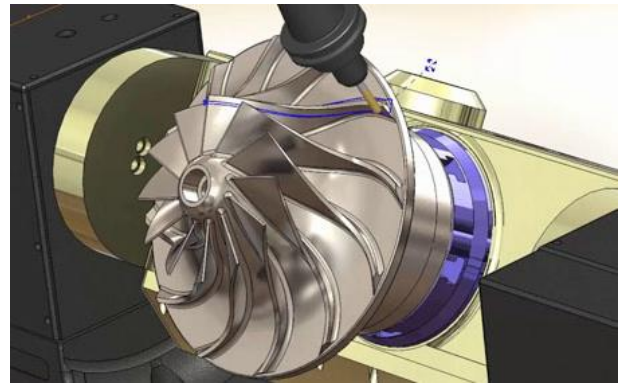
- **Konumlamalı çok eksenli işleme yöntemi**

Bu işleme yöntemleri CNC beş eksen tezgâhın yapısına bağlı olarak tabladan hareketli dört/beş eksen veya kafadan hareketli dört/beş eksen şekline bağlı olarak parça konumladırılarak talaş kaldırma işlemi yapılır. İş parçasının işlenecek yüzeyi kesici takım işleme eksenine göre konumlandırılır, işleme yöntemi olarak üç eksen ve 2 ½ eksen işleme yöntemleri kullanılarak parça işlenir. Konumlamalı çok eksen tezgâhlarla işleme yönteminin avantajlarından birisi parçayı uygun şekilde konumlandırarak, tek bağlama ile işleyebilmektir. Parça üç eksen tezgâhlarda da işlenebilir ancak birden fazla konumlama ve bağlama işlemini gerektireceğinden parça boyut toleranslarında güvenirlik anlamında sapmalar dört ve beş eksen tezgâhta ileşmeye göre yüksek olabilir.



➢ **Simultane (Eş zamanlı) çok eksenli işleme yöntemi**

Dört ve beş eksen parça işleme sürecinde çok eksenli tezgahın bütün eksenleri eş zamanlı hareket ederek talaş kaldırma işlemleri gerçekleştiriliyorsa bu tür işleme yöntemleri Eş zamanlı (Simultane) işleme olarak adlandırılır. Simultane çok ekslenli işleme yöntemleri ile boyutsal güvenirlik yüksektir ve oldukça yüksek kaliteli yüzey işlemleri elde edebilmek mümkündür. Yüzey işleme pürüzlülüğünün önemli olduğu ve boyutsal güvenirliğin önemli olduğu parçaların işlenmesinde çok eksen simultane işleme yöntemleri oldukça önemli yer almaktadır.



Örnek olarak otomotiv, kalıp, karmaşık geometriye sahip tüketici ürünleri vb. parçalar verilebilir. Bu tür parçalar birçok frklı düzlemsel yüzeylerden veya karmaşık geometriden oluşabilir.

Fusion 360 dört ve beş eksen CNC tezgahları için takım yolları oluşturulup NC koduna dönüştürülebilmektedir.

Genellikle kullanılan işleme yöntemleri eksen sarmal işlemler ve beş eksen kaba ve son işleme yöntemleridir.

Çok eksen kaba ve finiş işlemler için genel olarak 2 ½ eksen ve 3 eksen komutları kullanılmaktadır.

Çok eksen finiş işlemleri için Multi Axis ana menüsünde bulunan komutlar kullanılmaktadır.

Swarf: İş parçasını yeni nesil kesme teknolojisini kullanarak kaba/ara kaba işleme yöntemi.

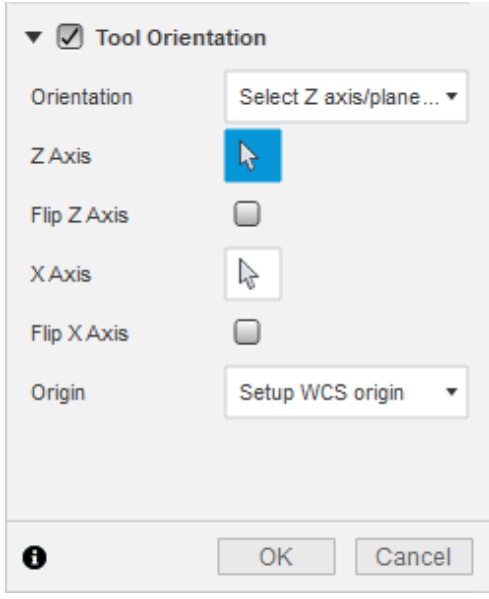
Multi Axis Contour: İş parçası geleneksel kaba/ara kaba işleme yöntemi.

Flow: İş parçası yüzey formlarını finiş/ara finiş işleme yöntemi.

3.1. Konumlamalı beş eksen işleme yöntemleri

Fusion 360 ile beş eksen konumlamalı imalat yapmak için üç işleme yöntemlerini beş eksen konumlamalı işlemeler yapmak için üç eksen ve 2 ½ eksen işleme stratejileri kullanılarak parça işlenmektedir. Bu işleme stratejilerinin kullanımı esnasında dikkat edilecek en önemli işlemlerden birisi kesici takımın işlenecek yüzey düzlemine konumlanmasıdır. Bu konumlama işlemlerini yapabilmek için üç eksen ve 2 ½ eksen işleme komutları Geometry menüsünde bulunan Tool Orientation seçeneği kullanılmaktadır.

3.1.1. Kesici takımın pozisyon konumlaması

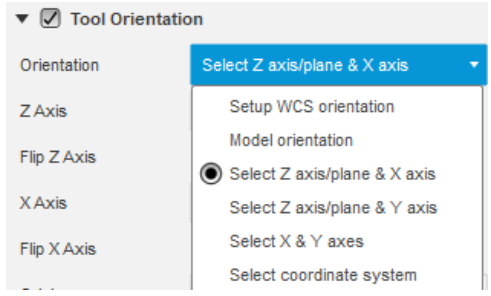


Kesici takımın işlecek yüzeylerine göre konumlanması Tool Oriantation seçeneği ile yapılır.

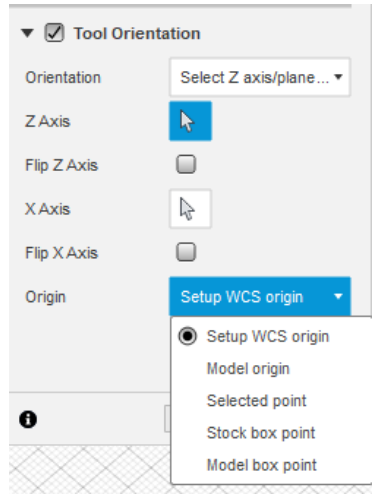
➢ **Orientation**

1

- **Setup WCS orientation:** Takım yönlendirmesi için geçerli kurulumun iş parçası koordinat sistemini (WCS) kullanır.
- **Model orientation:** Takım oryantasyonu için geçerli koordinat sistemini (WCS) kullanır.
- **Select Z axis/plane & X axis:** Z eksenini tanımlamak için bir yüz veya kenar seçilir ve X eksenini tanımlamak için başka bir yüz veya kenar seçilir.
- **Select Z axis/plane & Y axis:** Z eksenini tanımlamak için bir yüz veya kenar seçilir ve Y eksenini tanımlamak için başka bir yüz veya kenar seçilir.
- **Select X & Y axis:** X eksenini tanımlamak için bir yüz veya kenar seçilir ve Y eksenini tanımlamak için başka bir yüz veya kenar seçilir.
- **X axis, Y axis ve Z axis:** X,Y ve eksenlerinin doğrultularını seçmek için kullanılır. Kenar veya yüzey seçilebilir



- **Flip X:** seçenekleri ile yönler ters çevrilebilir (180 derece yön değiştirilebilir).
- **Flip Y:** seçenekleri ile yönler ters çevrilebilir (180 derece yön değiştirilebilir).
- **Flip Z:** seçenekleri ile yönler ters çevrilebilir (180 derece yön değiştirilebilir).
- **Select coordinate system:** Bu işlem için modeldeki tanımlanmış bir kullanıcı koordinat sisteminden belirli bir takım yönü belirler. Bu, mevcut koordinatın hem başlangıç noktasını hem de yönelimini kullanır.



Orijin

Setup WCS origin: Takım sıfır noktası için geçerli kurulumun iş parçası koordinat sisteminini (WCS) kullanır.

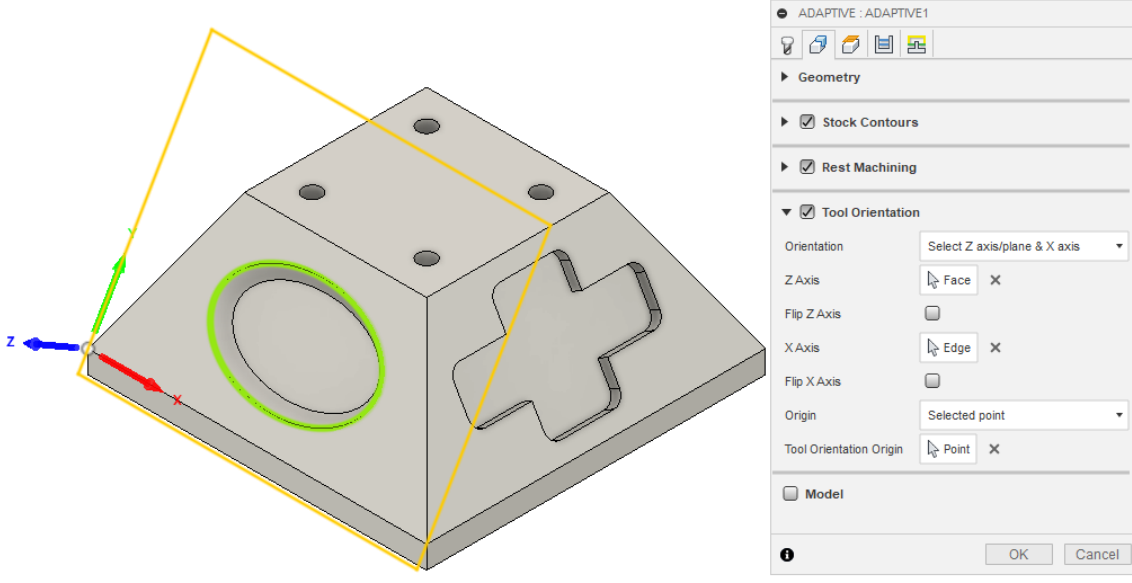
Model origin: Takım sıfır noktası için geçerli bölümün koordinat sistemini (WCS) orijini kullanır.

Selected point: Sıfır noktası için bir köşe veya kenar seçilir.

Stock box point: Sıfır noktası için stok sınırlama kutusundan bir nokta seçilir.

Model box point: Sıfır noktası için model sınırlayıcı kutusundan bir nokta seçilir.

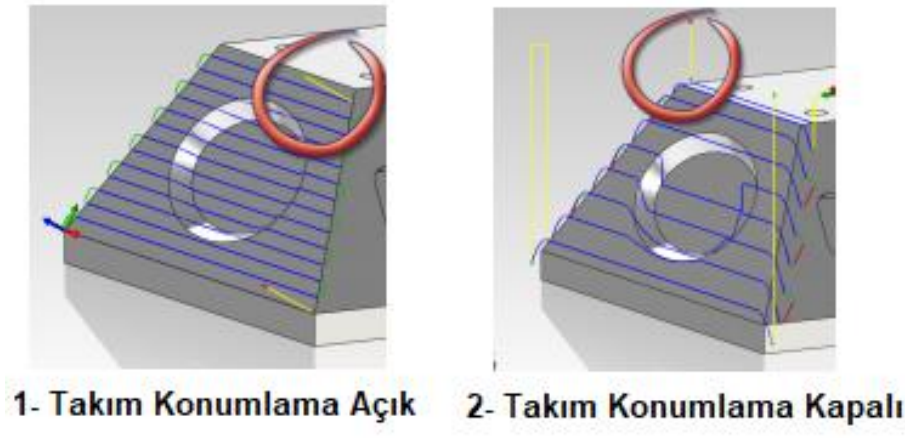
Tool Orieantation Orijin: konumlamalı işleme esnasında kullanılacak parça sıfır noktasını belirlemek için kullanılır. Sıfır noktası seçilir.



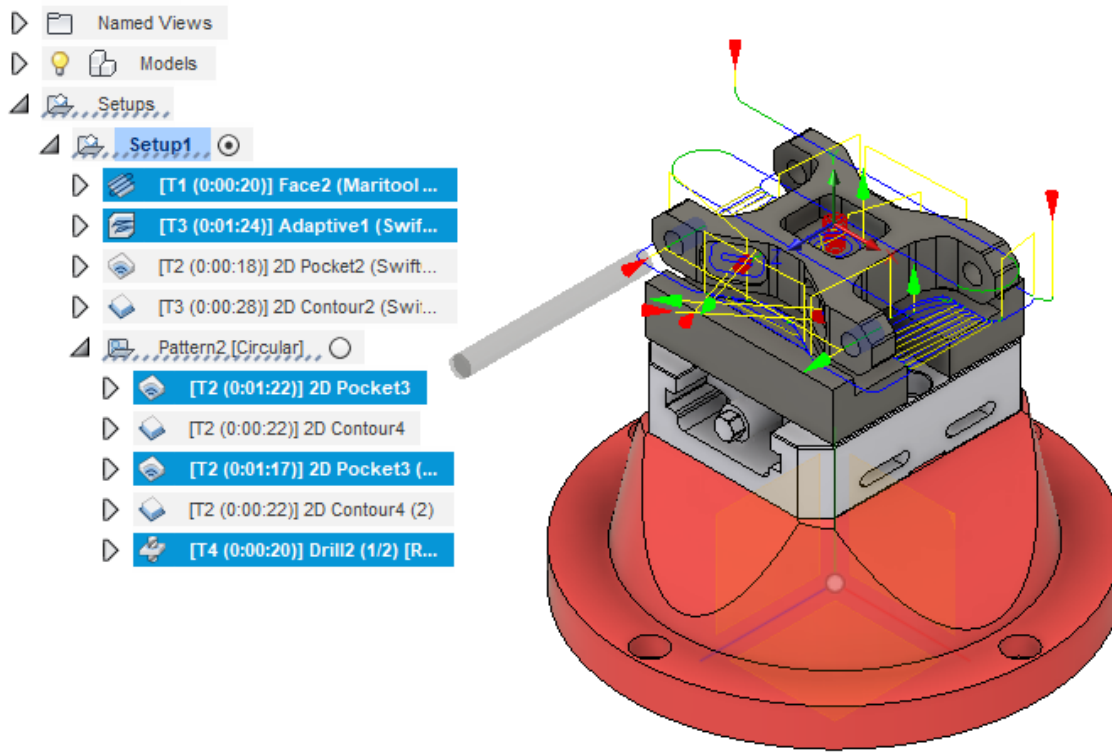
Görsel 3.1. Tool Orientation seçeneği ile konumlamalı işleme için kesici takım konum ayarı

Uygun işleme stratejisi seçilerek ilgili yüzeyin kesici takım ile işlenmesi gerçekleştirilebilir.

Bu süreç esnasında kaba işleme, ara kaba işleme ve son işleme yapılabilir. Yapılacak işleme göre uygun işleme stratejisinin kullanılması gerekmektedir. 2D Adaptive Clearing, 2D Pocket Clearing, Drill, Adaptive Clearing, Pocket Clearing, Paralel, Contour, Ramp, Scallop vs. işleme seçenekleri kullanılabilir.



Görsel 3.2. Kesici takımın yüzeye göre konumlandırılmasının takım yoluna etkisi



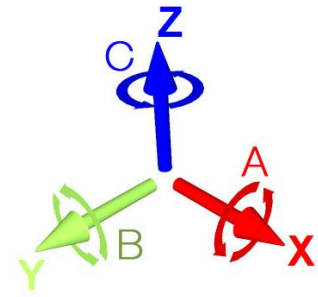
Görsel 3.3. Değişik stratejileri kullanarak çok eksen konumlamalı işleme ve kesici takımyolları

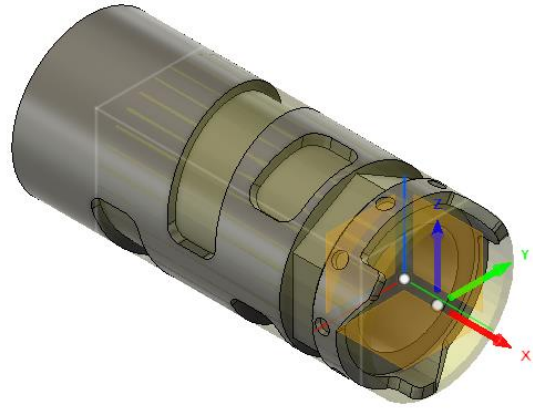
3.2. Dört eksen sarmal (Wrap) işleme

Sarmal Takımyolu (Wrap Toolpath), seçtiğiniz zinciri analiz ederek 4. eksen döner profile göre takımyolu oluşturabilir. Dört eksen sarmal işleme takımyolları **2D Adaptive Clearing, 2B Pocket Clearing ve 2B Contour** komutları ile oluşturulabilir. İşlenecek geometri olarakr 2B çizim veya 3B model kullanabilir, **ancak her zaman 3B modelden işlenecek geometri seçminin yapılması önerilmektedir**. Böylece takım yollarınının modelle ilişkileri daima korunmuş olur. İşleme yöntemi oldukça basittir, işlenecek kenarlar ve silindirik parçanın yarıçapını temsil eden yüzey seçilir, Fusion 360 sarılmamış bir geometriyi hesaplar ve bir takım yolu oluşturur. Daha sonra takım yolunu seçilmiş olan parçanın yarıçapının etrafına sararak işleme takımyolunu oluşturur ve parça üzerinde görünmesi sağlar.

Sarmal takımyolu (Wrap toolpath) seçeneği, **2D Adaptive Clearing, 2B Pocket Clearing ve 2B Contour komutlarının, Geometri** sekmesinde bulunur. İşlenecek Geometriyi seçmeye çalışmadan önce (Wrap Toolpath) seçeneği seçmeniz önerilir. Fusion 360 dördüncü eksen sarılı bir takım yolu oluşturmayı planladığınızı algılarsa, yazılım geometri seçim yeteneklerini değiştirir.

İşlenecek parça 4. Eksen işlemleri için parça konumlama yöntemleri kullanılarak konumlandırılır. CNC tezgâhında dönme ekseni hangi eksen ise parça ekseni, dönme eksenine çakıştırılmalıdır. CNC tezgâhlarda aksi bir durum belirtilmedikçe X eksenindeki dönme hareketi A harfiyle, Y eksenindeki dönme hareketi B harfiye ve Z ekseni etrafındaki dönme hareketi C harfiye ifade edilmektedir. Uygulamalarımızda işlenecek parça ekseni X eksenine çakışık ve dönme hareketi A harfi ile tanımlanacaktır. Bu duruma göre parça konumlaması konumlama seçenekleri ile aşağıdaki gibi yapılmıştır ve parça sıfır noktası iş parçasının alın orta noktası olarak seçilmiştir.





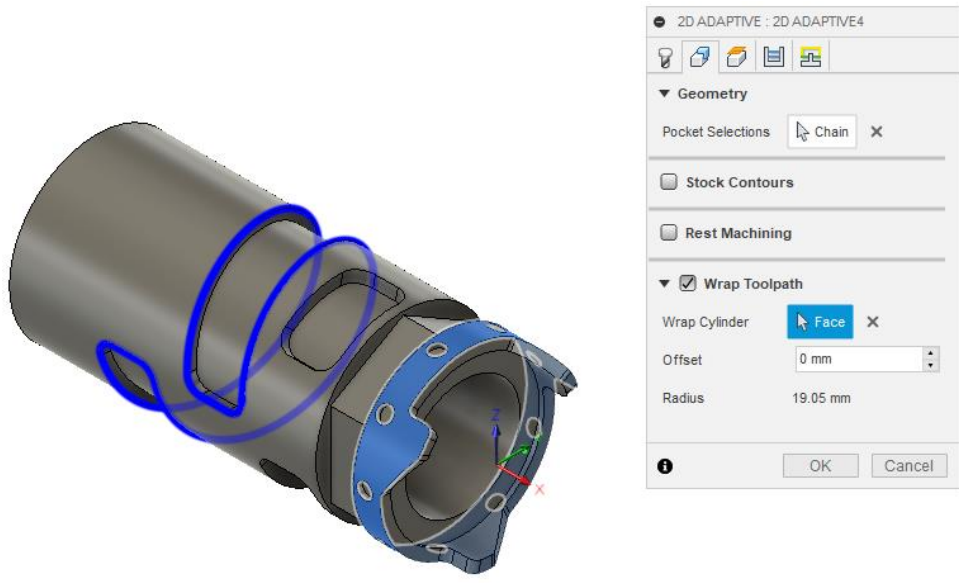
Görsel 3.4. Dört eksen sarmal olarak işlenecek iş parçasının konumlanması ve parça sıfır noktası

Parça konumlama işleminden sonra işlenecek bölgeler için uygun işleme operasyonu seçilir ve işlenecek geometriler tanımlanarak işlenir.

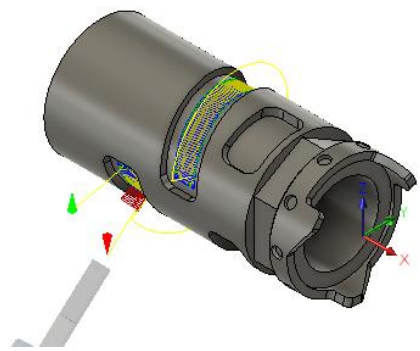
2D Adaptive Clearing seçeneği ile helis kanalın işlenmesi.

Pocket selection ile işlenecek geometri seçilir. Mavi çizgi ile melirlenen geometri

Wrap Toolpath seçeneği altındaki Wrap Cylinder seçeneği ile sarmal yarıçap yüzeyi seçilir.
Ofsset değeri ile yüzey ötelenebilir. Sarmal işlem yapılacak yarıçap (+) değer ile büyütülebilir, (-) değer ile yarıçap küçültülebilir.
Radius kısmında seçilen yüzeyin yarıçap değeri görünür.
Kesici takım ve talaş kaldırma parametreleri tanımlanarak işlem tamamlanır.

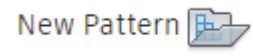


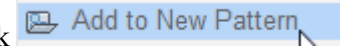
Görsel 3.5. 2D Adaptive Clearing ile Dört eksen sarmal işleme tanımlamaları



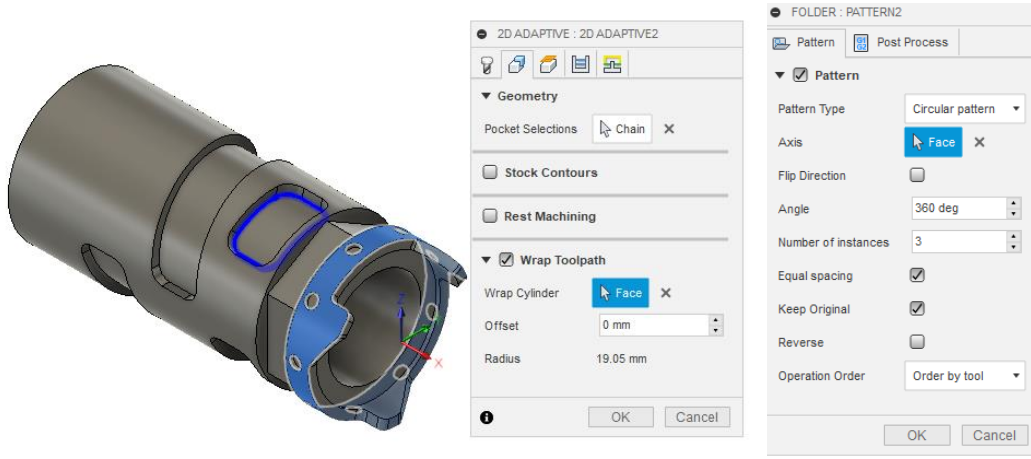
Görsel 3.5. 2D Adaptive Clearing ile Dört eksen sarmal işleme takımyolları

2D adaptive Clearing seçeneği ile iş parçası etrafında bulunan üç adet havuzun işlenmesi.
2D Adaptive Clearing seçeneği ile helis kanalın işlenmesi.
Pocket selection ile işlenecek geometri seçilir. Mavi çizgi ile melirlenen geometri
Wrap Toolpath seçeneği altındaki Wrap Cylinder seçeneği ile sarmal yarıçap yüzeyi seçilir.
Kesici takım ve talaş kaldırma parametreleri tanımlanarak işlem tamamlanır.

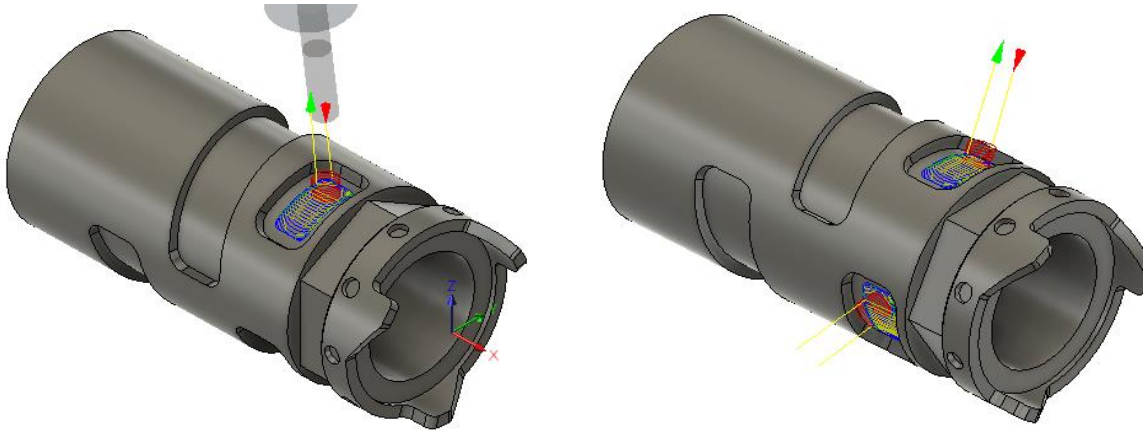
Çevrede üç adet havuzun işlenebilmesi için çoğaltma 

komutundan veya takım yolunun üzerine farenin sağ tuşu ile tıklayarak 

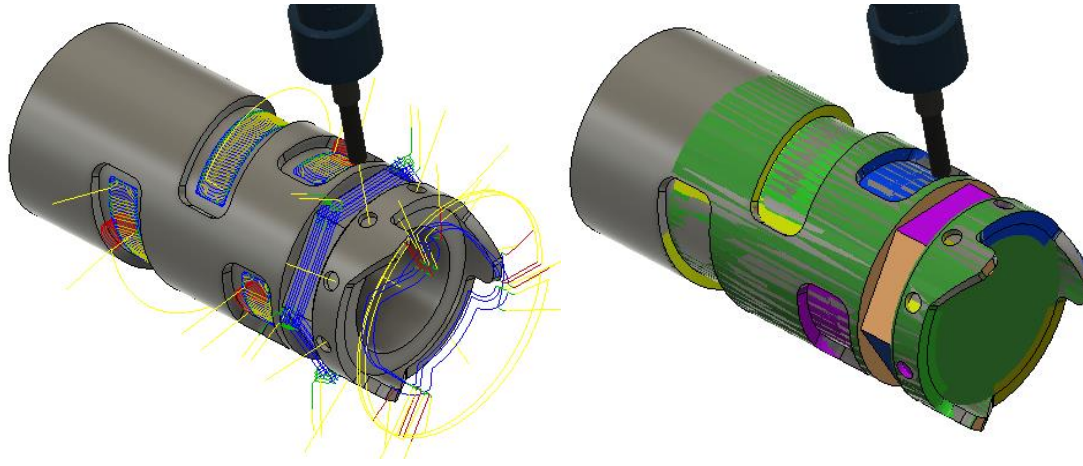
komutu çalıştırılır.



Görsel 3.6. 2D Adaptive Clearing ile dört eksen havuz işleme ve çoğaltma tanımlamaları



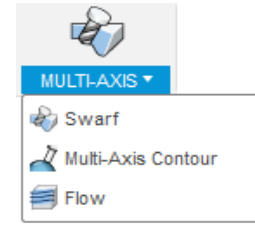
Görsel 3.7. 2D Adaptive Clearing ile dört eksen havuz işleme ve takımyolu çoğaltma



Görsel 3.8. Dört eksen işleme yöntemi ile işlenmiş parça takımyoları ve bezetim sonucu

İlgili işleme ve çoğaltma komutları kullanılarak iş parçası üzerinde işlenmesi gereken bölgelerin işleme adımları tamamlanır.

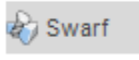
3.3. Beş eksen simultane işleme



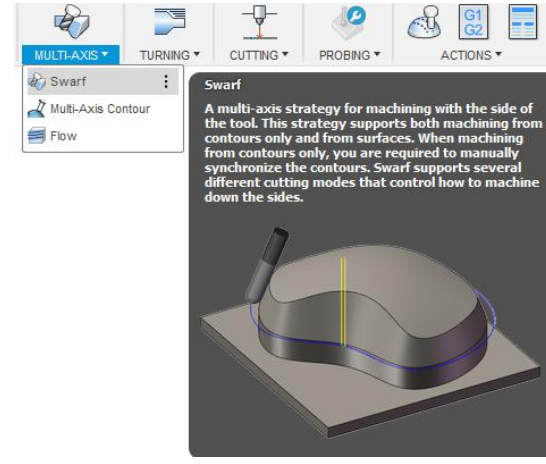
Simultane çok eksenli parça işlemerinin türetilerbilimesi için MULTI-AXIS seçeneğinde bulunan Swarf, Multi-Axis Contour ve Flow komutları kullanılabilir. Bu komutlarla birlikte birde Contour komutu Passes sekmesinde bulunan Multi-Axis Tilting seçeneği ile de çok eksenli tezgahlarda işlenecek parçaların yan duvarlarının işlenmesi için takımyolları türetilebilir.

Simultane çok eksen işleme denince, en basit tanımı: Çok esksenli işleme tezgahların bütün doğrusal ve döner hareket eksenlerinin aynı anda hareketi ile iş parçası işleme yöntemi olarak tanımlanabilir.

3.3.1. Swarf

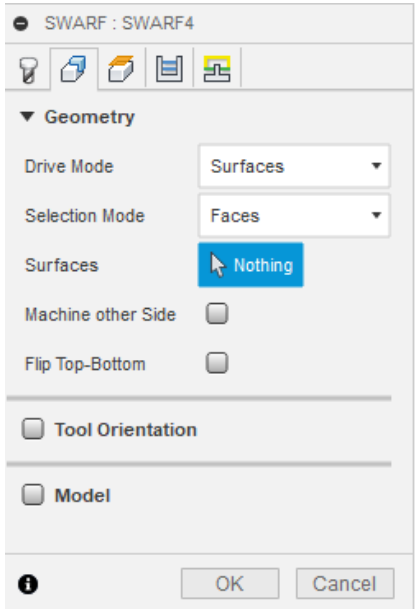


Swarf 5 eksen işleme yöntemi yandan kesme takımyolları oluşturma işlemidir. Eğimli kenarları ve konik duvarları olan parçalar için mükemmeldir. Takım yolu, yüzeyi tanımlayan 2 kenar boyunca düz bir kenar varmış gibi hesaplanır. Bu iki kenar arasındaki yüzeyler düz olduğu sürece, yüzeyleri işlemek için bir Swarf komutunu kullanabilirsiniz. İşleme takım yolunu oluşturmak için işlenecek parçanın üzerinde geometri seçimi, işleme yöntemlerini ayarlama ve kesici takım hareketerini kontrol etme seçeneklerini inceleceğiz.



Kesici takım seçimini ve kesme parametrelerini Swarf komutu Tool sekmesinde tanımlanmaktadır. Daha önceki tüm işleme komutlarına olduğu gibi tanımlama yapılmaktadır.

İşlenecek iş parçası üzerinde işleme bölgelerini Geometry sekmesinden tanımlanmaktadır.



➢ **Drive Mode**

Kesici takım takımyolu oluşturma esnasında takip edeceği geometrik elemanı belirlemek için kullanılır. Contours ve Surfaces olmak üzere iki seçenek bulunmaktadır.

➢ **Contours**

Yüzeylerin alt ve üst kenarlarında kenar geometrileri seçmek için kullanılır.

➢ **Surface**

Yüzeyleri seçmek için kullanılr.

Görsel 3.9. Swarf komutu taki edilecek yüzey ve kenar geometrisi seçimi

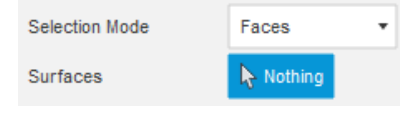
➢ **Selection mode**

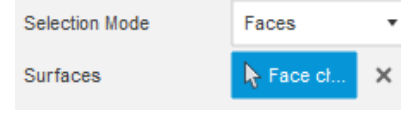
İşlenecek geometrileri seçmek için kullanılır. Faces, Contour pairs ve Manual olma üzere üç yöntem bulunmaktadır.

➢ **Faces**

Bu seçenek işartlendiğinde işleme yapılacak geometri olarak yüzeyler seçilir. Faces seçildiğinde seçim için Surfaces ibaresi belirir. Nothing ile yüzey zinciri seçilir. Seçimleri iptal etmek için Nothing yanında (x) işaretlenmelidir.

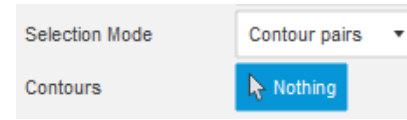
➢





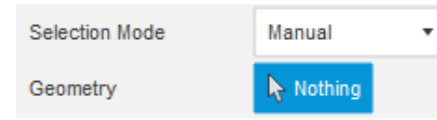
➢ **Contour pair**

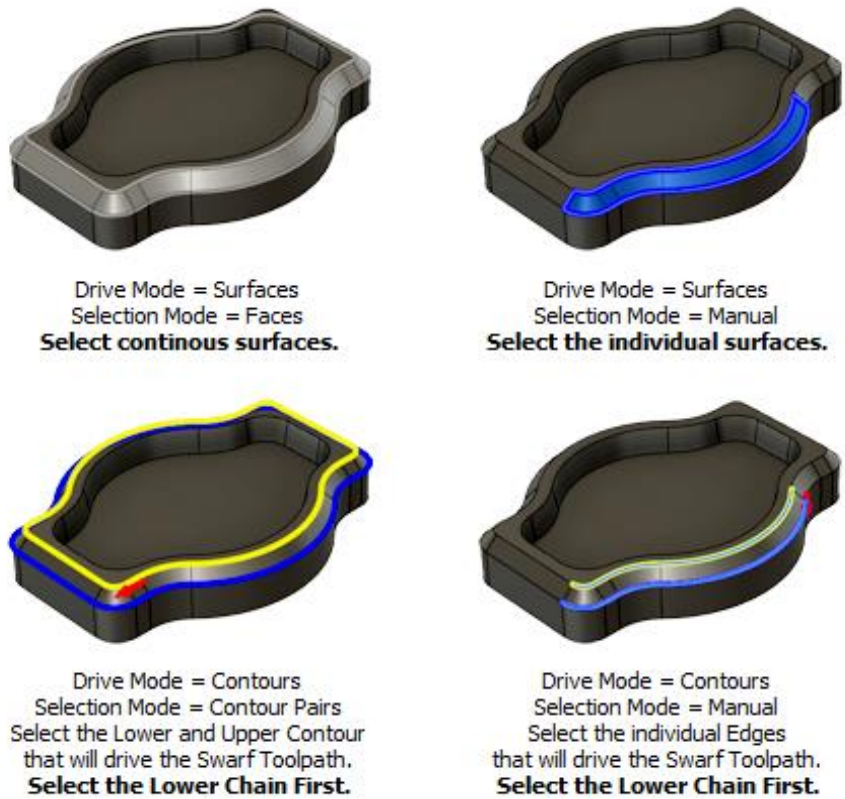
Bu seçenek işaretlendiğinde işleme yapılacak geometri olarak kenarlar seçilebilir. Contour pairs seçildiğinde seçim için Contours ibaresi belirir. Üst ve alt olmak üzere iki set kenar eğrisi seçmek gerekir. *Her zaman önce alt kenar zinciri seçilmelidir.*



➢ **Manual**

Bu seçenek işaretlendiğinde kısmi işlemler yapmak için geometri olarak yüzeyler veya kenarlar seçilebilir. Manual seçildiğinde seçim için Geometry ibaresi belirir.





Görsel 3.10. Swarf komutu işleme geometrisi seçim yöntemleri

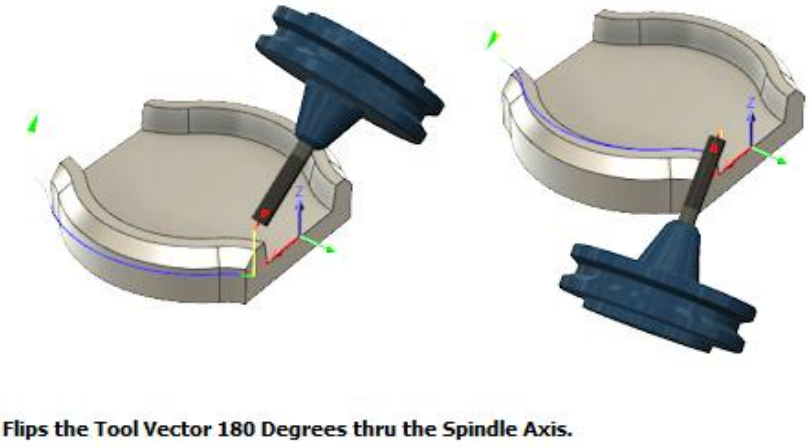
➢ **Machine other side**

Machine other side seçeneği işleme yönünü değiştirmek için kullanılır. Kesici takım konumunu geometrinin iç kısmndan geometrinin dış kısmına geçmesini sağlar.

➢ **Flip Top – Bottom**

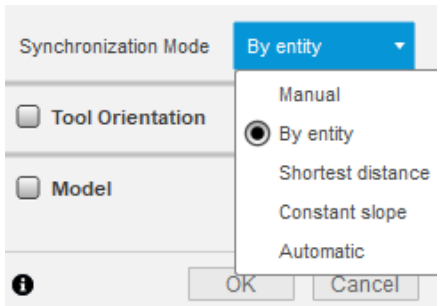
Kesici takım işleme yönünü değitirir. Bu seçenek, kenar çiftleri (**Contour Yöntemi**) kullanıldığında seçilmmemelidir; Çünkü zincir seçimi sıralaması kesici takımın işlemesinin üst ve alt tarafını belirler.

Dikkat: İşleme sınırlarını belirlemek için kenar zincirleri kullanıldığında, mutlaka Önce Alt İşleme kenar zinciri seçilmelidir.



Görsel 3.11. Flip Top-Bottom seçeneğinin kesici takım yönüne etkisi

- **Synchronization Mode**

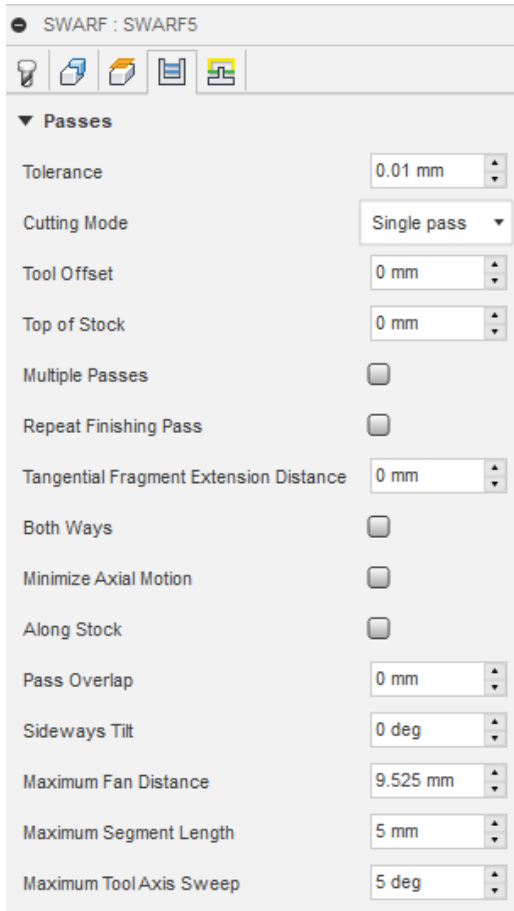


Synchronization Mode sadece **Kenar Zincir çiftleri** seçildiğinde kullanılır. Alt ve üst zincirin nasıl eşleştirileceğinin ayarlamasını sağlar. Takım yolunu büyük ölçüde etkileyebilir.

- **Manual**: İki kenar zincirini senkronize etmek için noktaları manuel olarak seçmemizi sağlar.
- **By entity:** her ikisi de eşit sayıda varlığa sahip olduğunda, alt ve üst zincirlerle eşleşir.
- **Shortest distance:** iki kenar zincir grubu arasındaki en kısa ve en doğru yolu hesaplar.
- **Constant Slobe:** Yüzey eğimine sabit mesafede takımyolunu hesaplar.
- **Otomatik:** Takım yolunu otomatik en uygun olacak şekilde hesaplar.

Swarf komutu, Yükseklikler sekmesi tanımlamaları diğer işleme komutlarında olduğu gibi yapılmaktadır.

Swarf komutu ile oluşturulacak takım yollarının birçok parametresi **Passes** sekmesinde bulunmaktadır. Bazı tanımlamaları önceki komut uygulamalarında olduğu gibidir. Swarf komutuna özgü olan seçeneklere değinilecektir.



➢ **Cutting Mode**

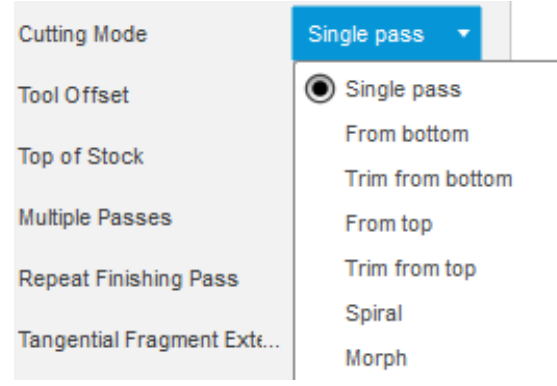
Birden fazla kesim yapılmasını sağlar. Bu kesimler yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya doğru olabilir.

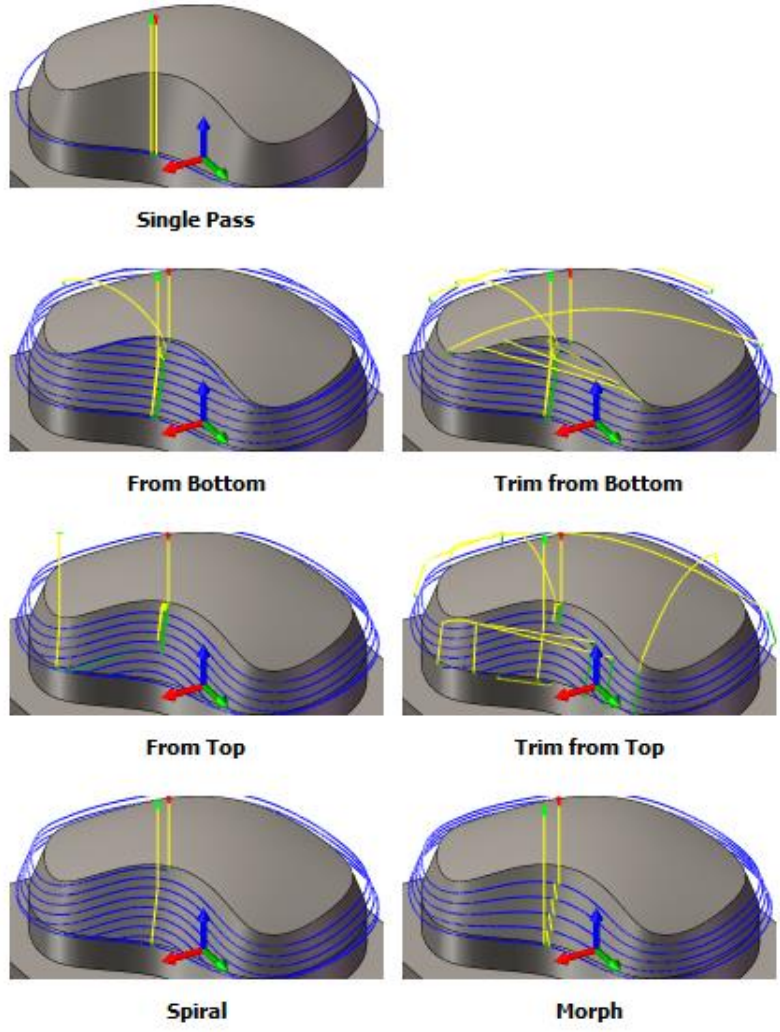
Spiral ve Morph seçenekleri, kesici takımın parça üzerinden ayrılmadan işleme yapması için daha fazla çaba gösterir.

Trim içerikli seçenekler, açık alanları hızla geçmenizi sağlar ve bu işleme süresini kısaltır.

Tek Geçiş dışında bir Kesme Modu seçmek, iletişim kutusunun alt kısmında talaş derinliği ve paso sayısı ile ilgili seçenekler açılır.

Bu seçeneklerin işlevi üç eksen işleme komutlarındaki gibidir.

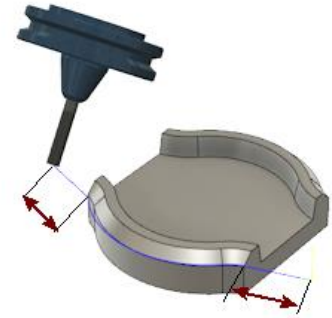




Görsel 3.12. Cutting mode seçenekleri ve kesici takımyolları

Tangential Fragment Extension Distance

Belirtilen değere göre takımtolunun başlangıç ve bitişni teğetsel olarak uzatır.



Minimize Axial Motion

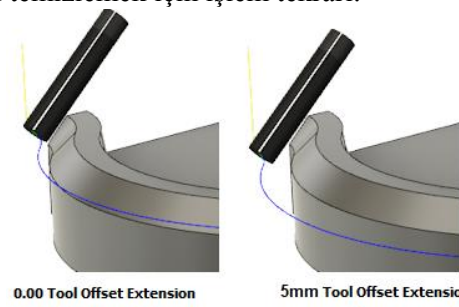
İş mili eksenindeki herhangi bir "gürültüyü" veya aşırı hareketi azaltmak için kullanılır.

Repeat Finishing Passes

Takım esnemeleri nedeniyle kalabilecek fazla talaşları temizlemek için işlem tekrarı.

Tool offset

İşlemenen yüzeyden kesici takımın öteleme (offset) değeri.

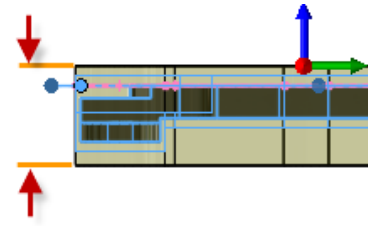


Top of Stock

Kütük üst yüzeyine ilave kütük payı tanımlamak için kullanılabilir.

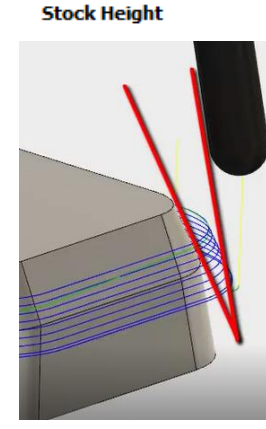
Maximum Fan Distance

Büyük açısal taramalar için bir sınır mesafesi tanımlama değeri. Geniş/uzun yüzeylerin işlenmesi esnasında kesici takım hareketinin yön değiştirme mesafesi.



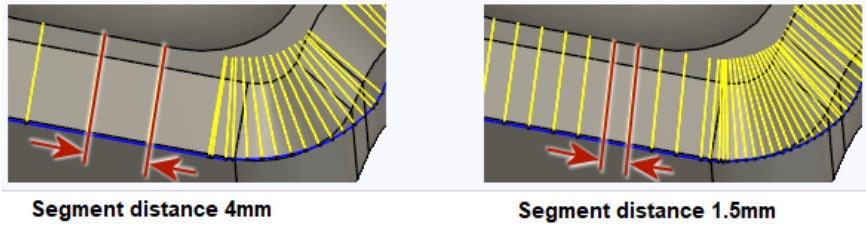
Sideways Tilt

Kesici takımın yan yüzeye göre yatırılması gereken açı değerini belirtir.



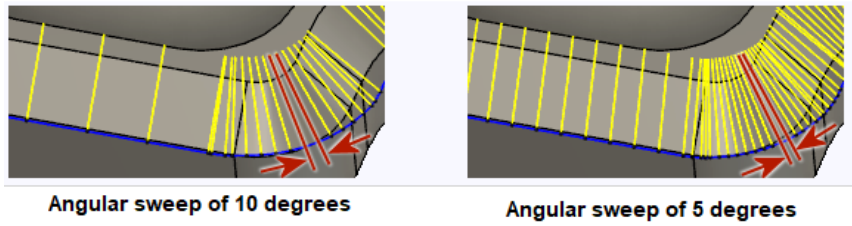
Maximum Segment Length

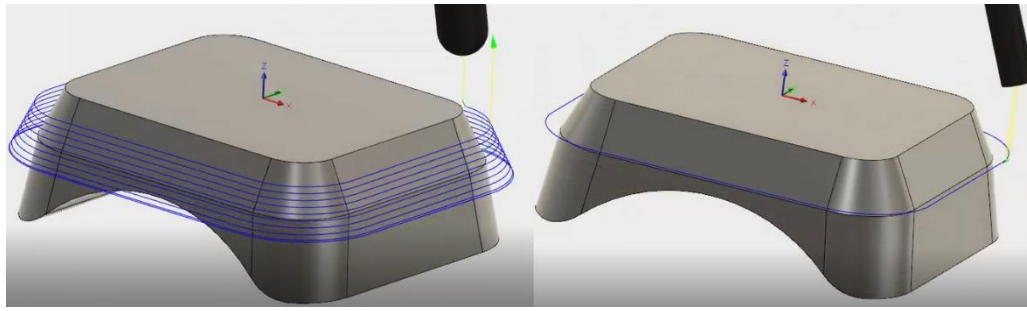
Takımyolu hareketinin doğrusal uzunluğu üzerinde bir parçanın üst sınır mesafesini belirler.



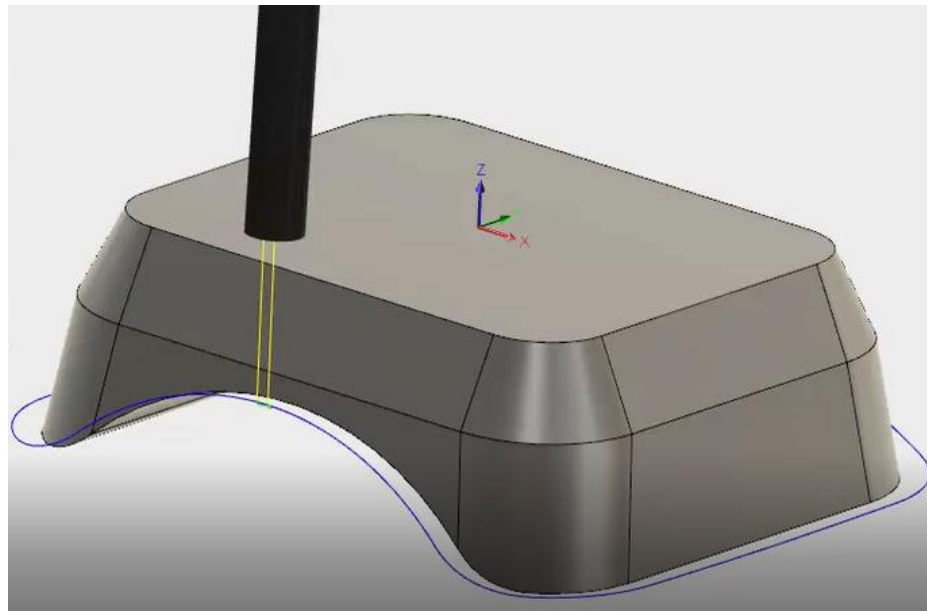
Maximum Tool Axis Sweep

Takımyolu hareketin açısal konumlandırması için bir parçasının üst sınır açısal değerini belirler.





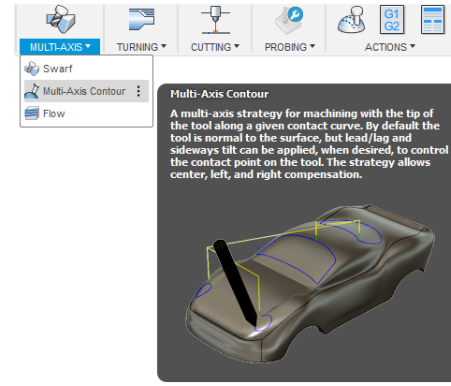
Görsel 3.13. Swarf komutu ile tek ve çok geçişli eğimli yüzey işlemek için oluşturulmuş takımyolları



Görsel 3.13. Swarf komutu ile tek geçişli yüzey formuna göre oluşturulmuş takımyolu

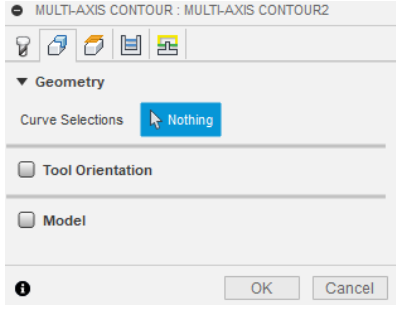
3.3.2. Multi – Axis Contour

Yüzey Eğrilerinin beş eksen takımyolları ile işlenmesi için kullanılan stratejidir. **Multi-Axis Contour**, modelin yüzünde bulunan **3B eğrileri** işlemek için kullanılır. Bunlar, modellerin yüzeylerindeki geçek kenarlar veya modelin yüzeyine yansıtılan 3B eğriler olabilir. Fusion 360, model yüzeyine dik duran eğriyi / kenarı takip eden bir takım yolu oluşturacaktır.



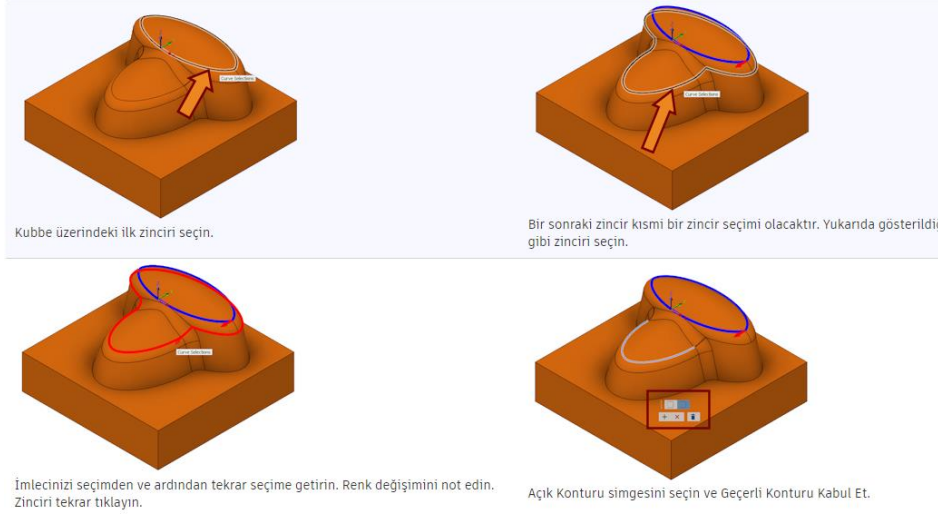
Kontrol seçenekleri takım yolu oluşturulması esnasında kesici takımın öne veya yana doğru yatırılmasına izin vermektedir. Kesici Takım hareketi seçilen eğrinin Sol tarafından veya Sağ tarafında oluşturulabilmesi için telefi seçenekleri bulunmakta. Takım yolu normalde kesici takım merkezi, eğrinin merkezine denk gelecek biçimde hesaplanmaktadır.

Multi-Axis Contour komutunun, Geometry ve Passes seçenekleri dışındaki seçenekler daha önceki kullanılan komutlardaki seçenekler ile aynı işevlere sahiptir. Bu nedenle ayrıntılı olarak Multi-Axis Contour komutunun Geometry ve Passes seçenekleri anlatılacaktır.



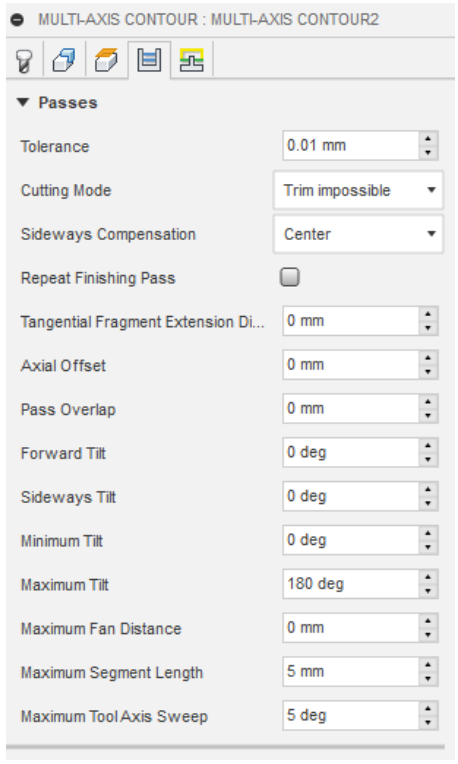
Curve Selections

İşlenmesi gereken 3B eğerilerin seçilmesi için kullanılan seçenektir. Nothing seçeneğine tıklayarak 3B eğriler seçilebilir. Seçim yaptıktan sonra yan tarafta beliren (x) işareti ile seimler iptal edilebilir.



Görsel 3.13. Multi-Axis Contour komutu 3B eğri seçim yöntemleri

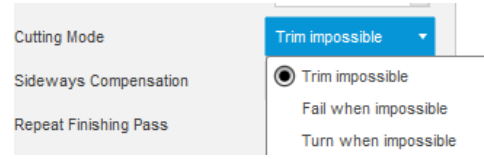
Multi-Axis Contour komutunun takımyolu oluşturma tanımlamalarının birçok parametresi Passes kısmında bulunmaktadır. Passes seçeneklerinin bazıları daha önceki işleme komutlarında anlatıldığı gibi çalışmaktadır. Farklı olan seçenekler ayrıntılı olarak anlatılacaktır.



➢ **Cutting Mode**

Belirli bir 3B eğri boyunca takımyolunun nasıl işletileceği ile ilgili seçenekleri belirler.

Takım yolu hesaplama işlemi başarısız olduğunda ne yapılması gerektiği ile ilgili seçenekleri içerir.



➢ **Trim impossible**

İmkânsız takım yolu hareketlerini buda/kaldır.

➢ **Fail when impossible**

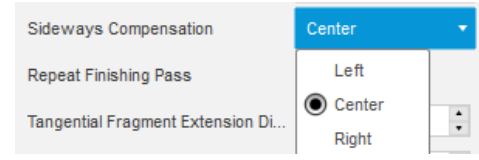
İmkânsız takım yolu hareketleri oluşturulduğunda hata mesajı ver.

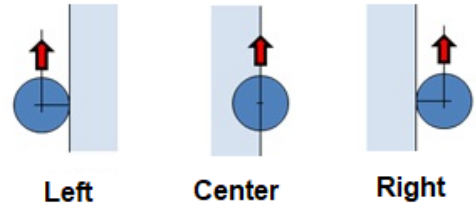
➢ **Turn when impossible**

İmkânsız takım yolu bölümlerinden bir "dönüş" yapar.

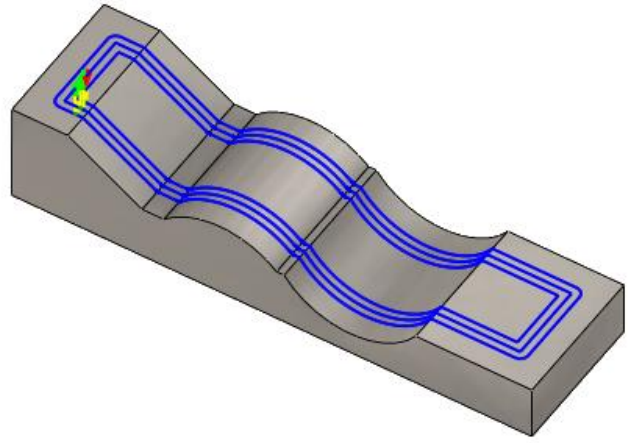
➢ **Sideways compensation**

Kesici takımın 3B eğriye göre nasıl hareket edeceğini belirlemek için seçenekleri içermektedir. Kesici takım eğrinin solunda (Left), Kesici takım merkezi eğriye çakışık (Center), kesici takım eğrinin sağında (Right) seçenekleri ile kesici takım hareketi kontrol edilmektedir.





Görsel 3.14. Sideway compensation, kesici takım hareket seçenekleri



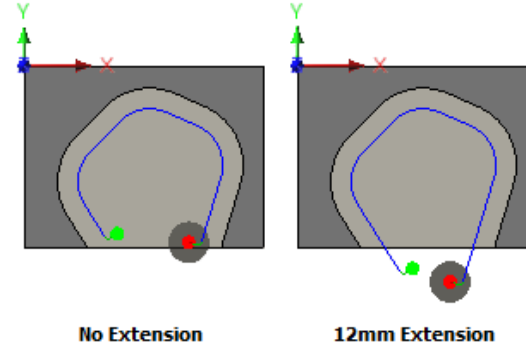
Görsel 3.14. Sideway compensation seçeneği takım yolları hareketleri

➢ **Repeat Finishing Passes**

Takım esnemeleri nedeniyle kalabilecek fazla talaşları temizlemek için işlem tekrarı.

➢ **Tangential fragment extension distance**

Belirtilen değere göre takımtolunun başlangıç ve bitişni teğetsel olarak uzatır.



- **Axial Offset**
  Kesici takımın iş mili ekseninde aşağı veya yukarı kaydırır. İşleme derinliğini ayarlamak için kullanılabilir.
- **Pass Overlap**
  Takım yolulu oluşturma esnasında, kapalı profil tamalandıktan sonra gçiş noktasının nekadar kaydırılacağını belirleme değeri.

➢ **Maximum Fan Distance**

Büyük açısal taramalar için bir sınır mesafesi tanımlama değeri. Geniş/uzun yüzeylerin işlenmesi esnasında kesici takım hareketinin yön değiştirme mesafesi.

➢ **Forward Tilt**

Kesici Takımın öne eğilmesi gereken açı değerini belirtir.

➢ **Sideways Tilt**

Kesici takımın yan yüzeye göre yatırılması gereken açı değerini belirtir.

➢ **Minimum tilt:**

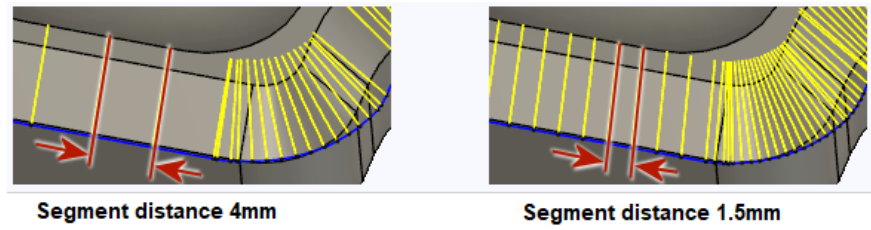
Kesici takımın eksenine işleme esnasında izin verilen minimum eğimi açısını belirtir.

➢ **Maximum tilt:**

Kesici takımın eksenine işleme esnasında izin verilen maksimum eğimi açısını belirtir.

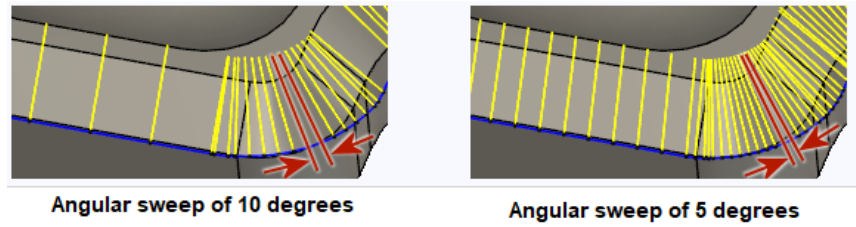
➢ **Maximum Segment Length**

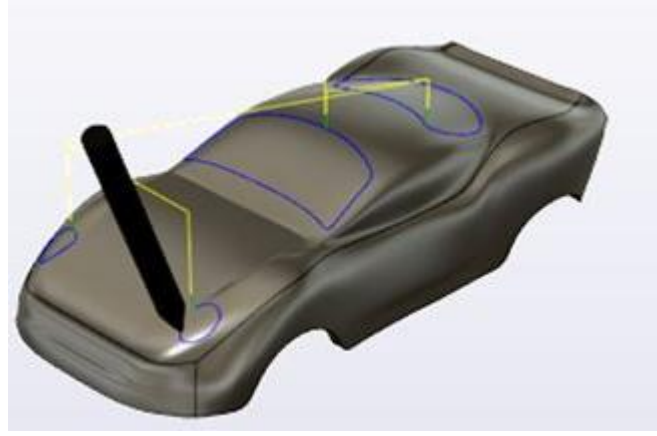
Takımyolu hareketinin doğrusal uzunluğu üzerinde bir parçanın üst sınır mesafesini belirler.



➢ **Maximum Tool Axis Sweep**

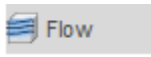
Takımyolu hareketin açısal konumlandırması için bir parçasının üst sınır açısal değerini belirler.



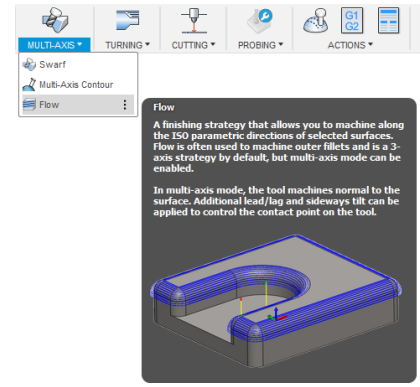


Görsel 3.15. Multi-Axis Contour komutu ile oluşturulmuş takımyolu

3.3.3. Flow



İşlenecek parçanın yüzeylerinin ISO parametrik yönleri doğrultusunda işleme yapabilmeyi sağlayan takım yolları geliştirmeyi sağlayan bir son işleme stratejisidir.

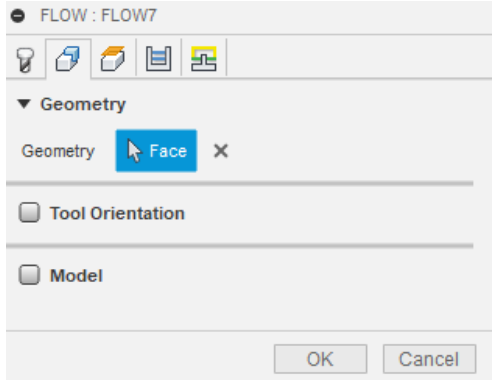


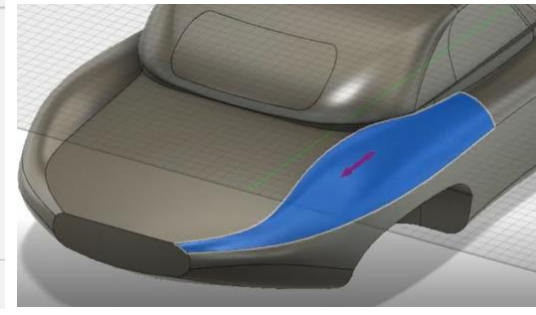
Üç eksen son işlemlerinde, Flow komutu genelde dış köşe yuvarlatmaların yüzey işlemleri için kullanılabilir

Passes kısmmında Use Multi-Axis seçeneği seçildiğinde çok eksenli işleme yöntemi olarak ta kullanılabilir. Kesici takımın ek ileri/geri ve yan yatırma işlemleri ile kesici takım temas noktası hareket kontrolü yapılabilmektedir.

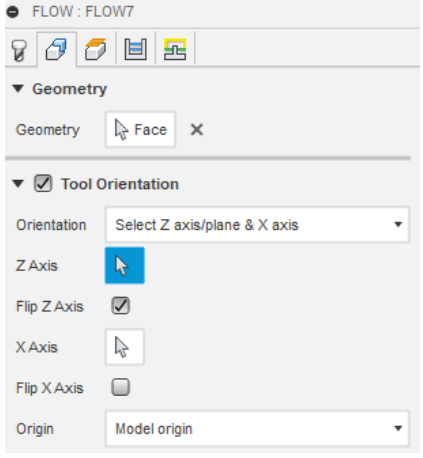
Komutun Geometry ve Passes seçenekleri dışındaki diğer seçenekler genel F360 komutlarının kullanıldığı gibidir.

Geometry kısmından işlenecek yüzeylerin seçimi yapılır.





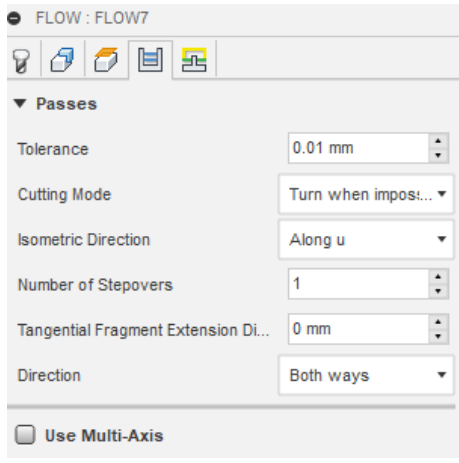
Seçilen yüzey üzerinde beliren kırmızı ok ile yüzey işleme yönü tanımlanır.



Tool orientation seçeneği ile kesici takımın yüzeye duruş pozisyonu konumlandırılır.

İşleme esnasında referans olarak kullanılacak sıfır orjin de belirtilir.

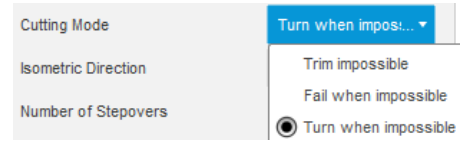
Flow komutunun takımyolu oluşturma tanımlamalarının birçok parametresi Passes kısmında bulunmaktadır. Passes seçeneklerinin bazıları daha önceki işleme komutlarında anlatıldığı gibi çalışmaktadır. Çok eksenli işleme yöntemlerini kullanarak işlem yapabilmek için Use Multi-Axis seçeneği seçilmelidir. Farklı olan seçenekler ayrıntılı olarak anlatılacaktır.



➢ **Cutting Mode**

Belirli bir 3B eğri boyunca takımyolunun nasıl işletileceği ile ilgili seçenekleri belirler.

Takım yolu hesaplama işlemi başarısız olduğunda ne yapılması gerektiği ile ilgili seçenekleri içerir.



➢ **Trim impossible**

İmkânsız takım yolu hareketlerini buda/kaldır.

➢ **Fail when impossible**

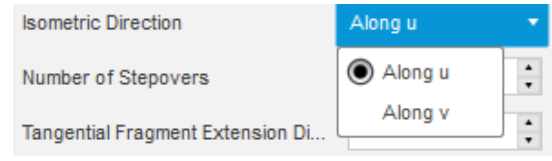
İmkânsız takım yolu hareketleri oluşturulduğunda hata mesajı ver.

➢ **Turn when impossible**

İmkânsız takım yolu bölümlerinden bir "dönüş" yapar.

➢ **Isometric Direction**

ISO eğrisi akış yönü

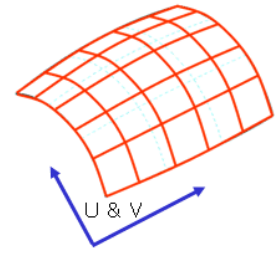


➢ **Along u**

ISO eğrisi U yönü boyunca

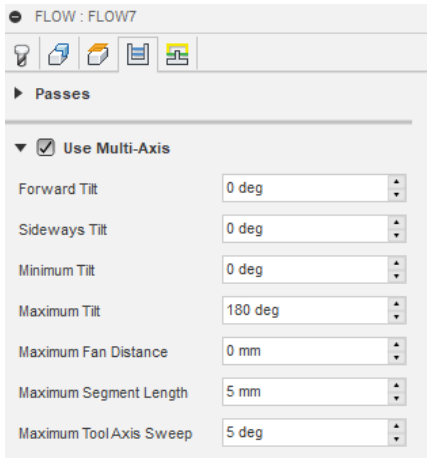
➢ **Along v**

ISO eğrisi U yönü boyunca



ISO Surface U and V direction

Use Multi-Axis seçenekleri kesici takım ileri/geri, yan yatma gibi takım yolunu etki edecek seçenekleri içermektedir.



➢ **Forward Tilt**

Kesici Takımın öne eğilmesi gereken açı değerini belirtir.

➢ **Sideways Tilt**

Kesici takımın yan yüzeye göre yatırılması gereken açı değerini belirtir.

➢ **Minimum tilt:**

Kesici takımın eksenine işleme esnasında izin verilen minimum eğimi açısını belirtir.

➢ **Maximum tilt:**

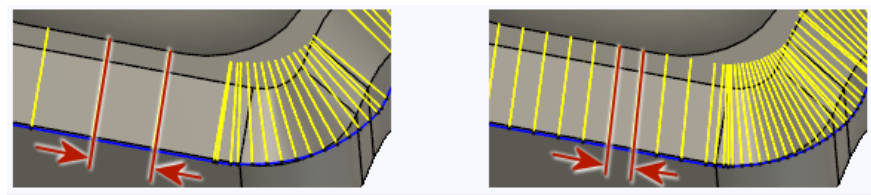
Kesici takımın eksenine işleme esnasında izin verilen maksimum eğimi açısını belirtir.

➢ **Maximum Fan Distance**

Büyük açısal taramalar için bir sınır mesafesi tanımlama değeri. Geniş/uzun yüzeylerin işlenmesi esnasında kesici takım hareketinin yön değiştirme mesafesi.

➢ **Maximum Segment Length**

Takımyolu hareketinin doğrusal uzunluğu üzerinde bir parçanın üst sınır mesafesini belirler.

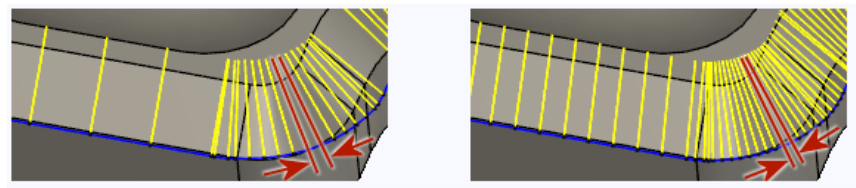


Segment distance 4mm

Segment distance 1.5mm

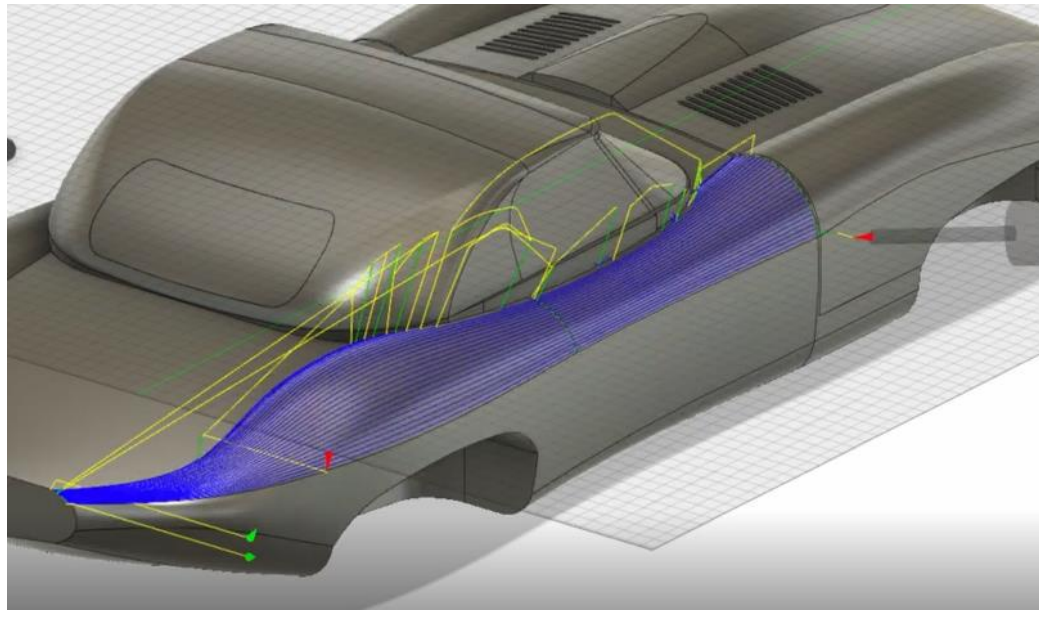
➢ **Maximum Tool Axis Sweep**

Takımyolu hareketin açısal konumlandırması için bir parçasnın üst sınır açısal değerini belirler.

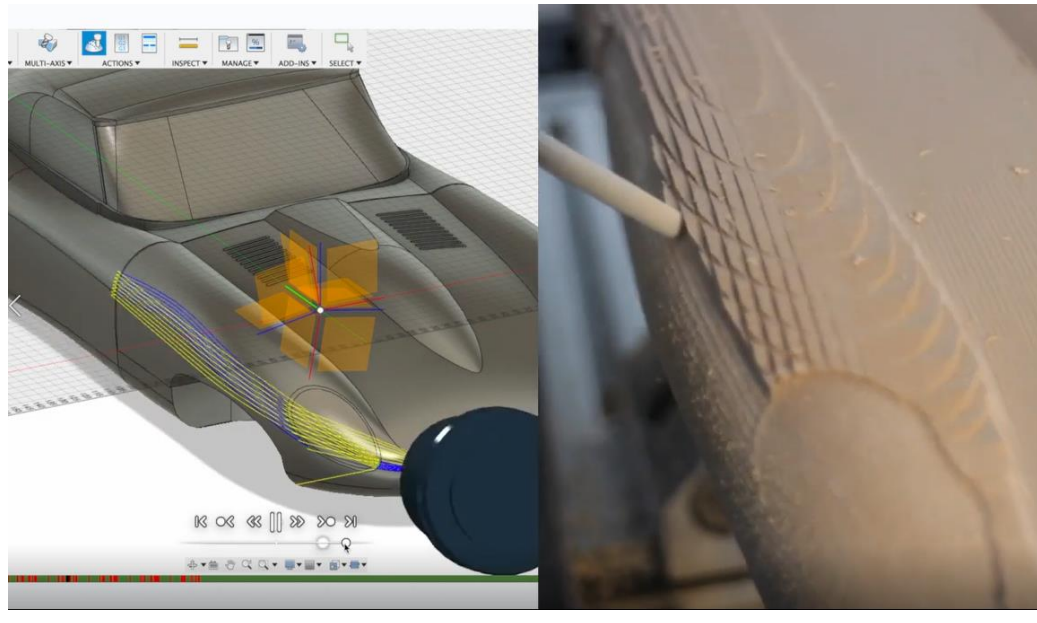


Angular sweep of 10 degrees

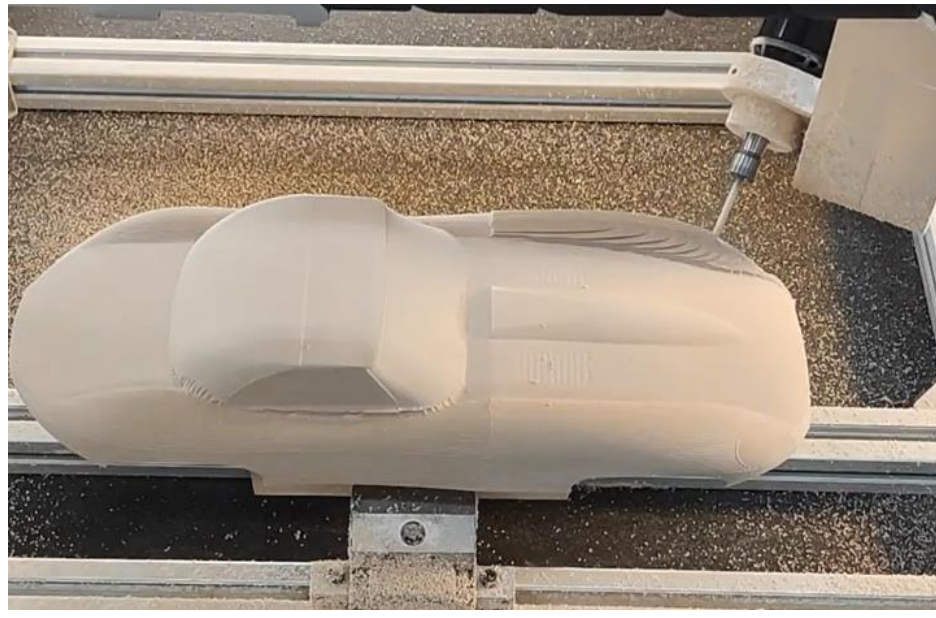
Angular sweep of 5 degrees



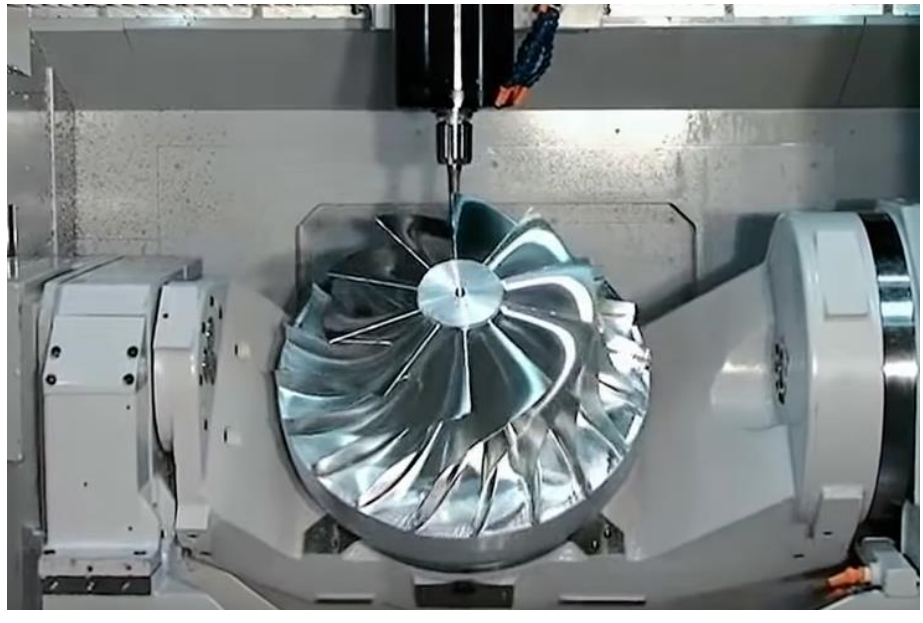
Görsel 3.16. Flow komutu ile akış eğrilerine göre oluşturulmuş çok eksen takımyolu



Görsel 3.17. Flow komutu oluşturulmuş çok eksenli takım yolu ve beş eksen tezgahta işlenmesi



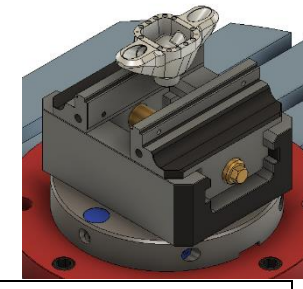
Görsel 3.18. Kafadan hareketli beş eksen tezgahta iş parçasının işlenmesi

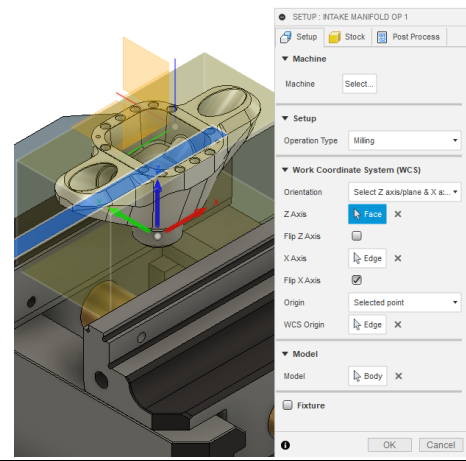


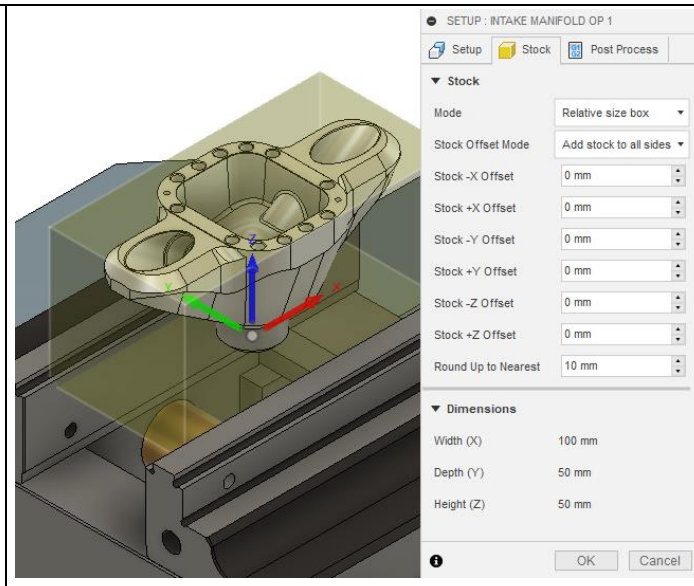
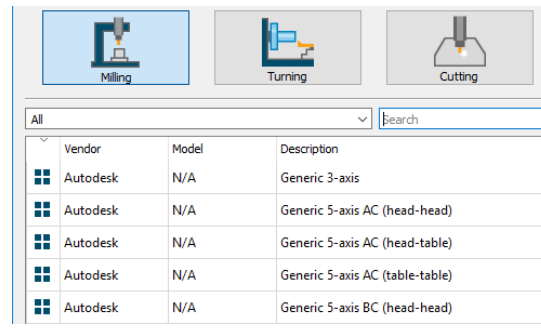
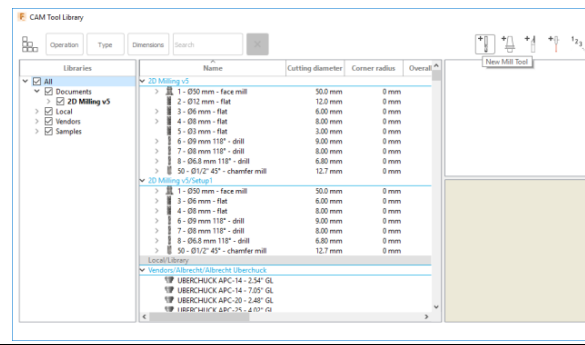
Görsel 3.19. Tabladan hareketli beş eksen tezgahta iş parçasının işlenmesi

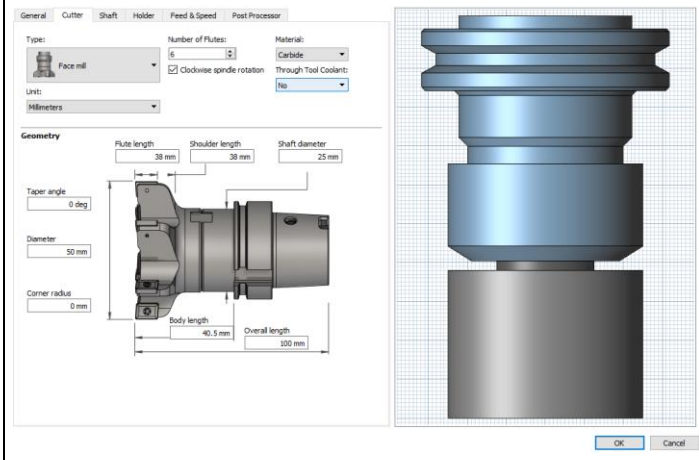
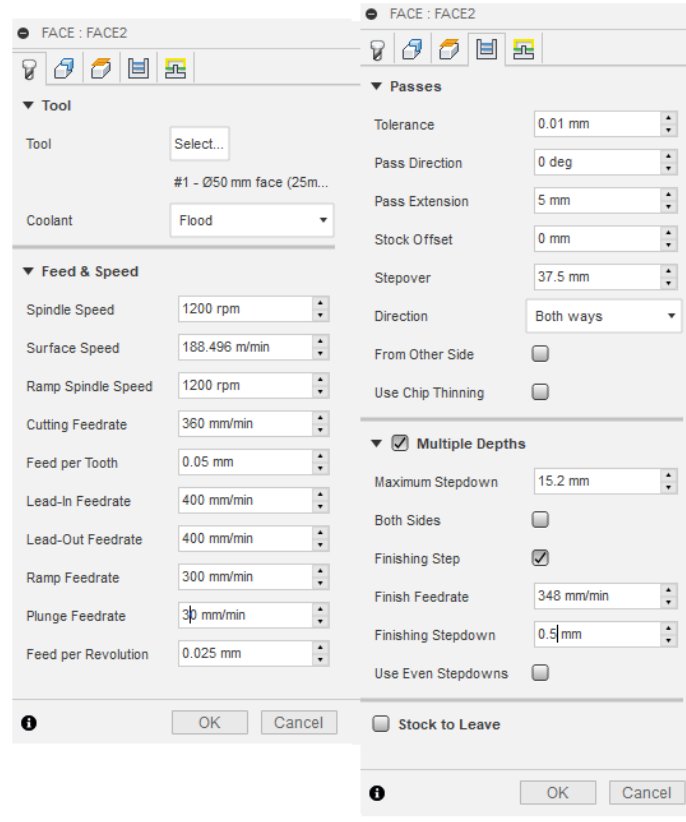
UYGULAMA FAALİYETİ-3

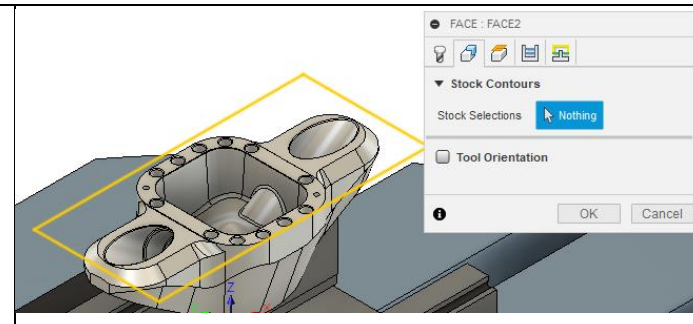
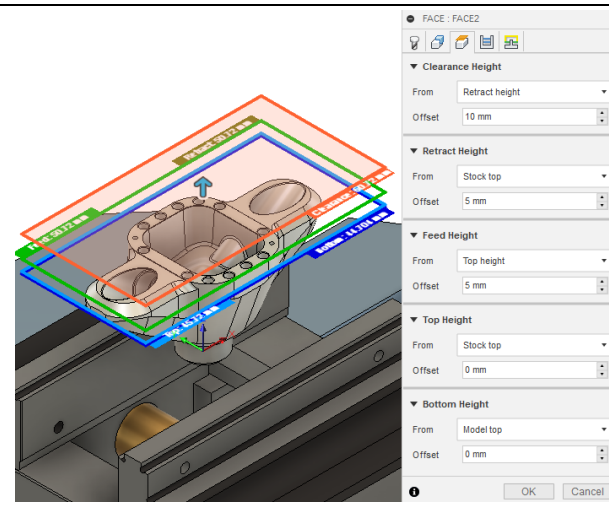
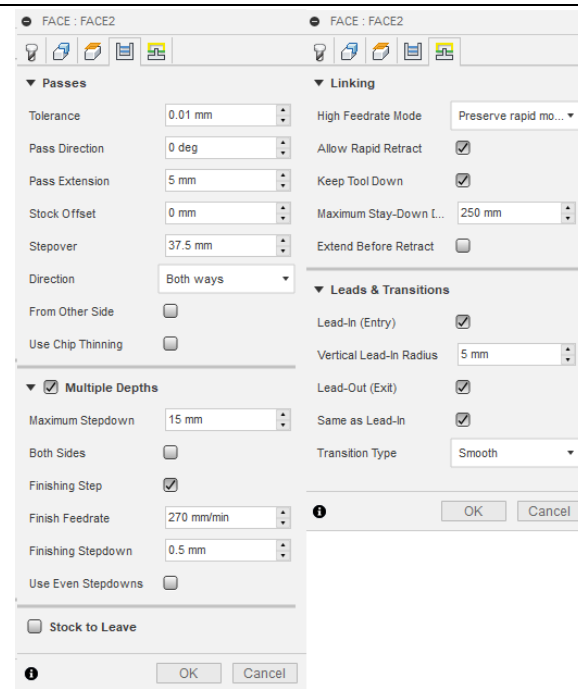
Aşağıdaki verilen iş parçası beş eksen işleme stratejileri kullanarak işlenecektir. Gerekli olan kesici takım seçimlerini yapınız ve gerekli olan kesme şartlarını belirleyerek parçayı işleyiniz. Parça kütük boyutlarını 140x90x50 olacak şekilde tanımlayınız.

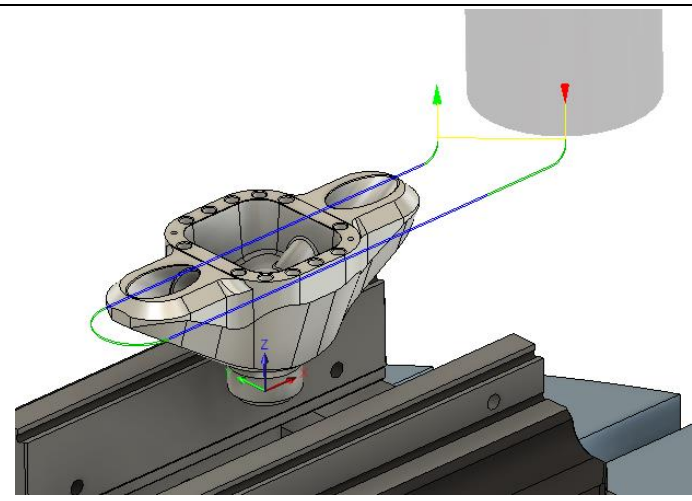
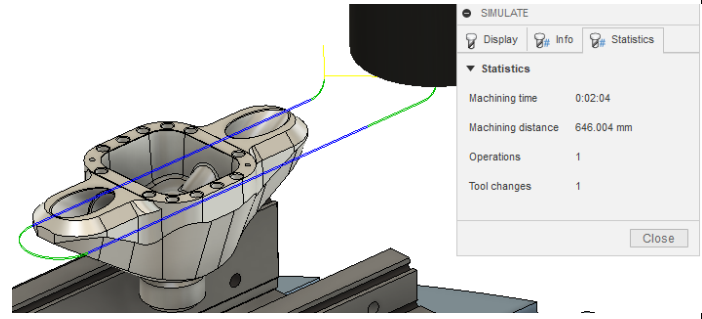
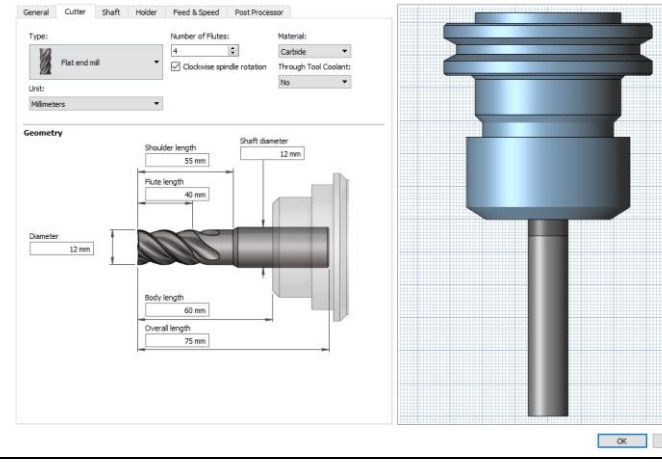


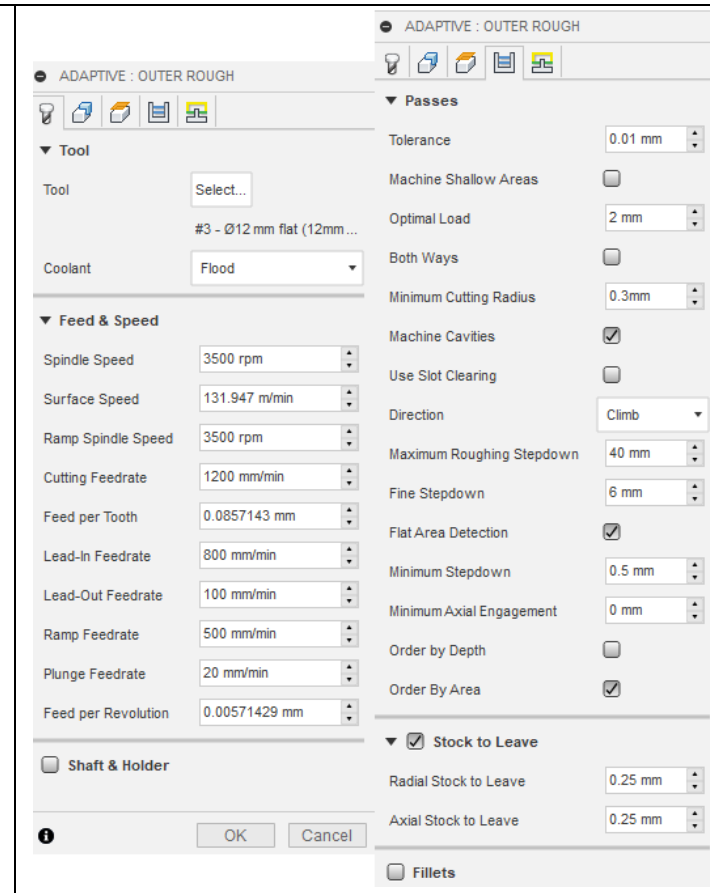
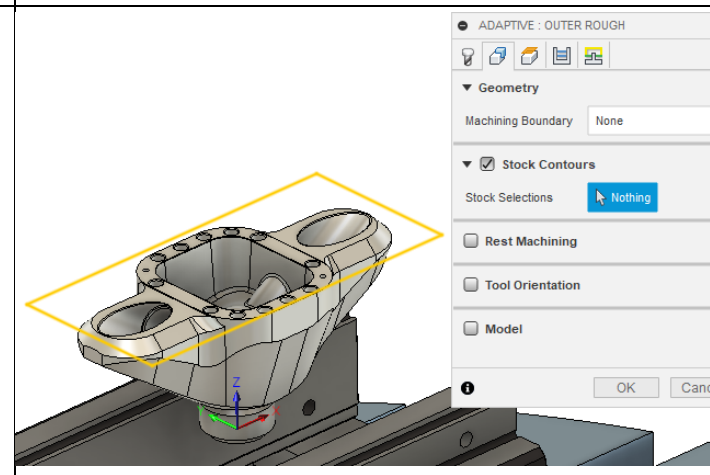
İşlem Basamakları	Öneriler
Parçanın CAD ortamına çizilmesi	Fusion 360 programı içerisindeki Cam uygulama örnekleri kısmından (CAM Samples => Turorials => Multi-Axis Milling - Intake Valve) parçayı açınız ve Manufacture seçeneği ile CAM ortamına geçiş yapınız.
Setup ayar seçeneği eklemek.	CAM kısmından Setup ikonu tıklayınız.
Sıfır noktası ayarlarını yapmak.	**Setup** kısmında bulunan **Work Coordinate System** seçeneğinden iş silindir alt yüzeyi delik merkezini **Select Point** komutunu kullanarak sıfır noktasını tanımlayınız. Z ve X eksen yönlerini melirleyiniz. 
Kütük tanımlaması yapmak.	**Setup** seçeneğinde bulunan Stock menüsüne girerek **Relative size box** modu ve Add stock to all sides stock seçeneği ile 100x00x50 mm ölçülerinde kütüğü tanımlayınız.

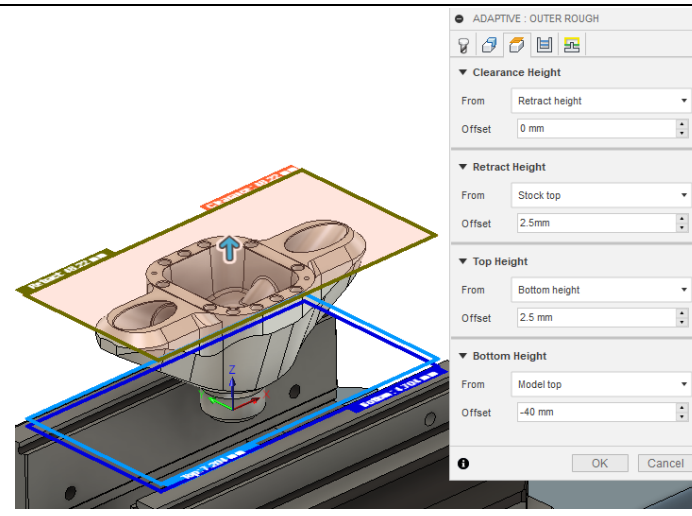
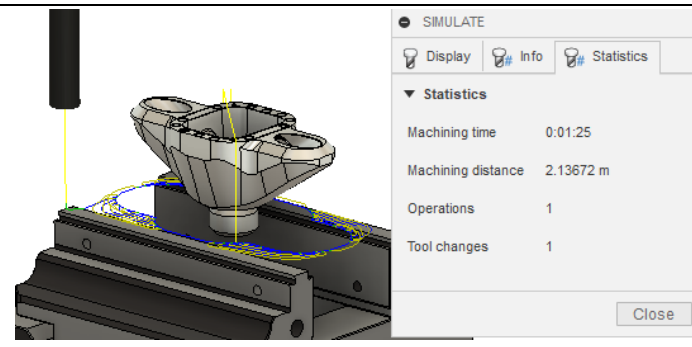
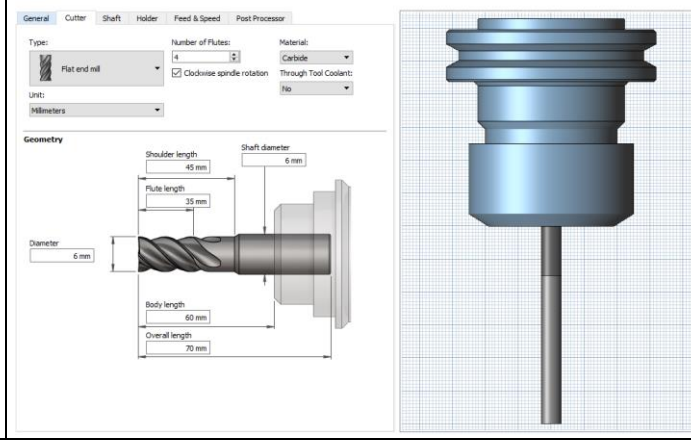
Kütük ölçülerini tanımlamak.	
Beş eksen CNC freze tezgâh seçimini yapmak.	**Setup** seçeneğinde bulunan **Machine** menüsüne girerek **Generic 3 axis seçimi tıklanır.** 
Kesici seçimi yapmak	Ekrana bulunan **MANAGE** sekmesnden **Tool Library** penceresi seçilir. Ekrana gelen menüden **New Mill Tool** tıklanarak kesici ekleme menüsü aktiflenir. 

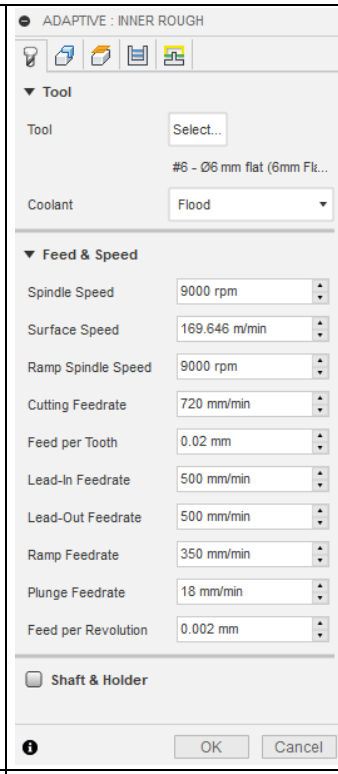
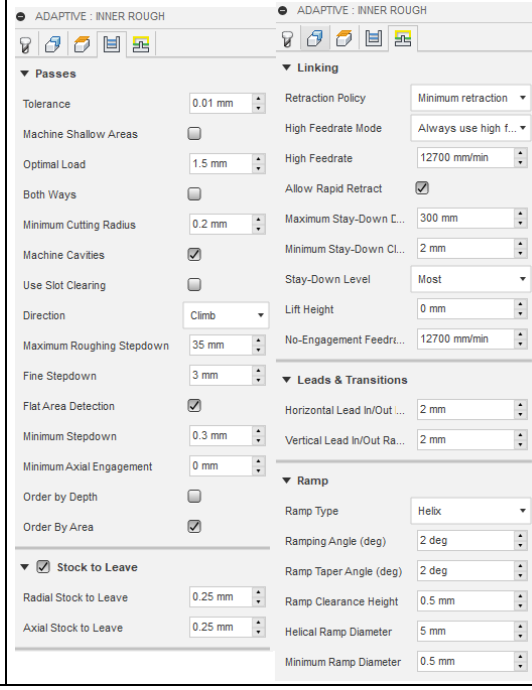
Yüzeye Frezeleme işlemi yapmak	Ø6 küre kesici takımı yüzeye son işlem yapmak için takım kütüphanesinden seçiniz.
Kaba işleme için Kesici ölçülerini tabloya girmek.	Kesici menüsüden kesicinin çapını Ø50 Face mill kesme boyunu ise 60 mm olarak ayarlayınız. 
Yüzey Frezeleme işlemi için kesici takım kesme parametrelerini ve paso değerlerini girmek.	

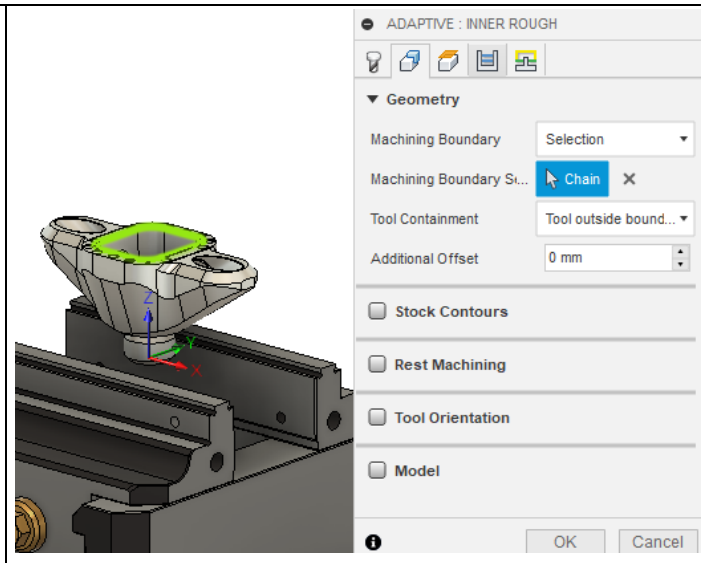
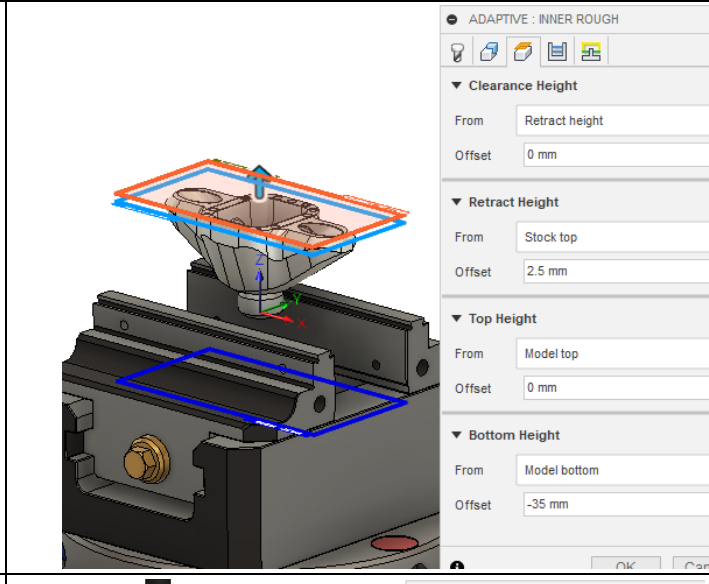
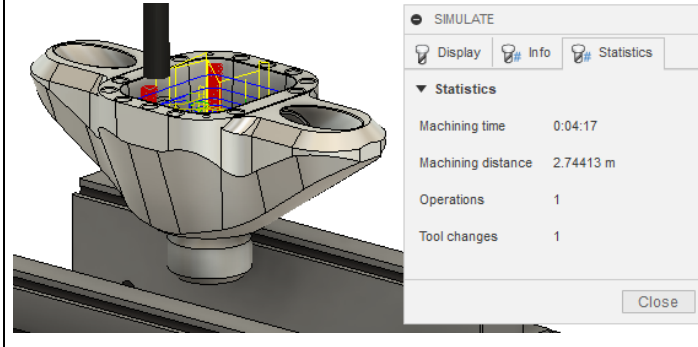
Yüzey Frezeleme işlemi için geometri seçimi yapmak.	
İşleme yükseklik değerlerini seçmek.	
Kesme değerlerini ve geçişleri seçmek.	

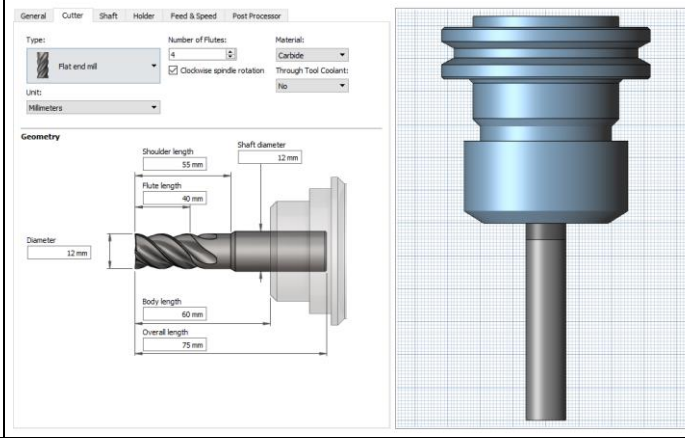
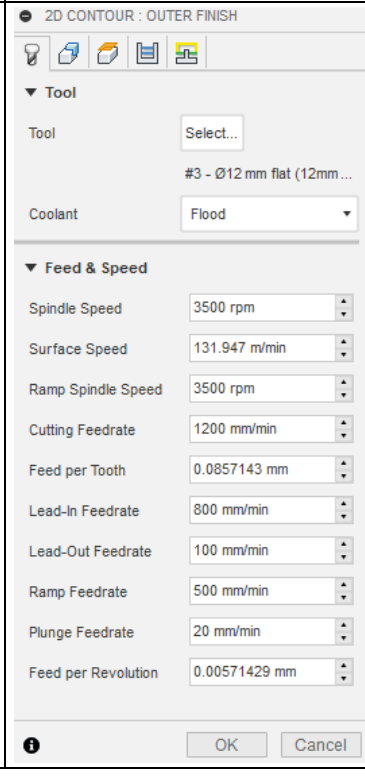
Talaş yüksekliği Maximum Maximum Stepdown 15mm, Fine Stepdown 0.5mm olacak şekilde takım yolu elde etmek.	
İşleme süresini öğrenebilmek.	
Dış çevre kaba işleme yapmak	Ø12 End mill kaba işlem yapmak için takım kütüphanesinden seçiniz.
Kesici seçimi yapmak.	

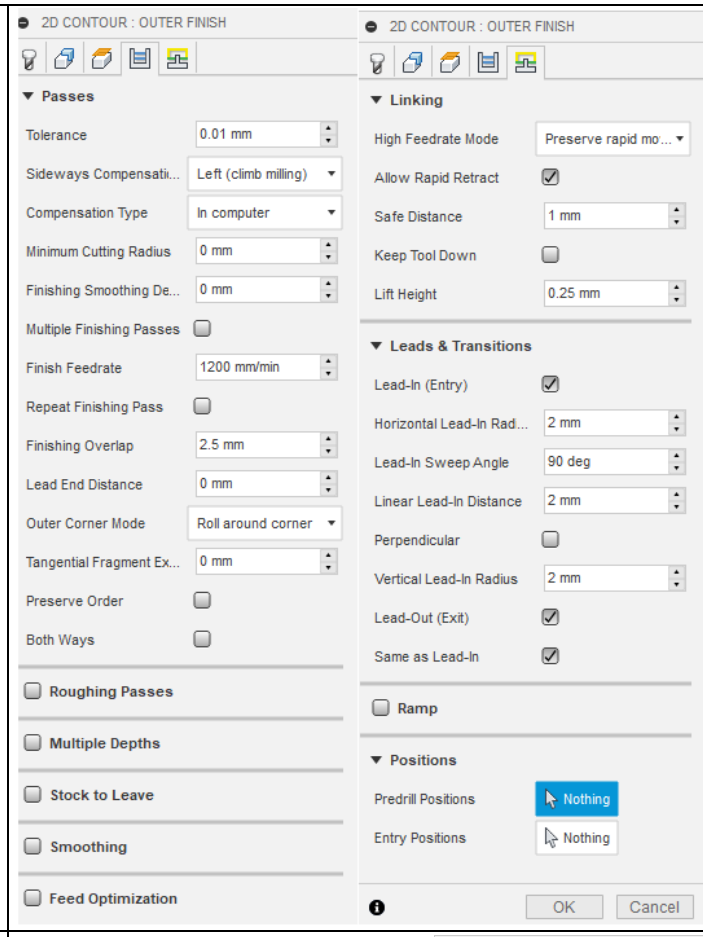
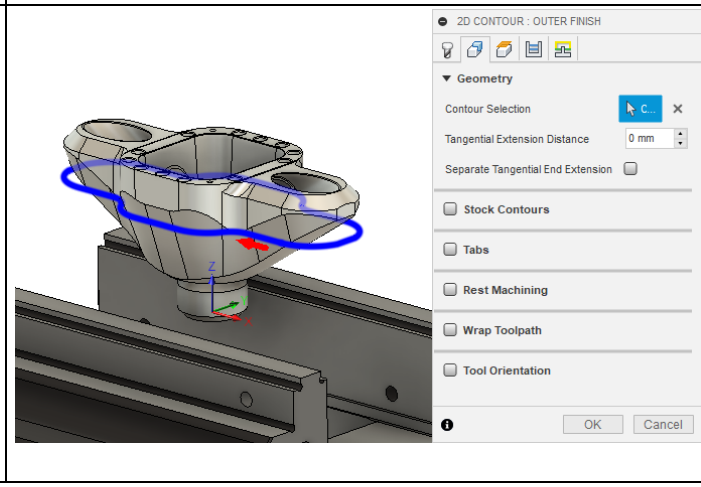
Dış çevre kaba işlemi için kesici takım kesme parametrelerini ve paso değerlerini girmek.	
Dış çevre kaba işlemi için geometri seçimi yapmak.	

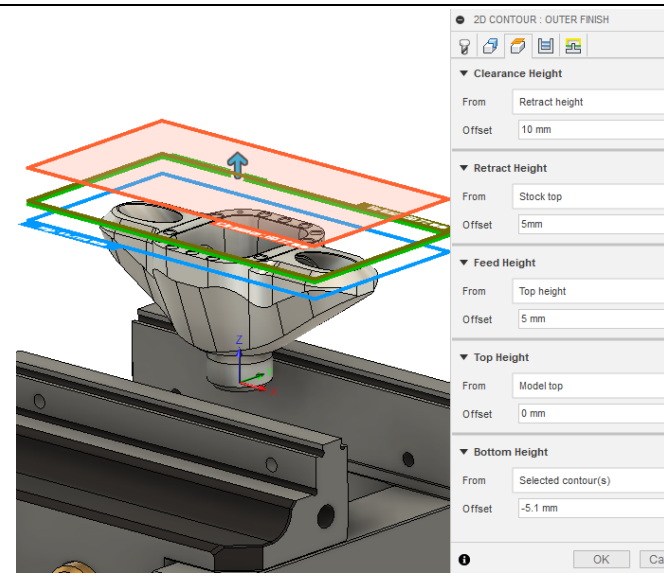
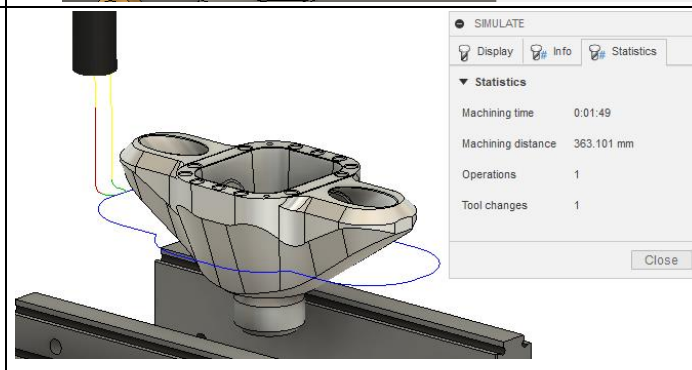
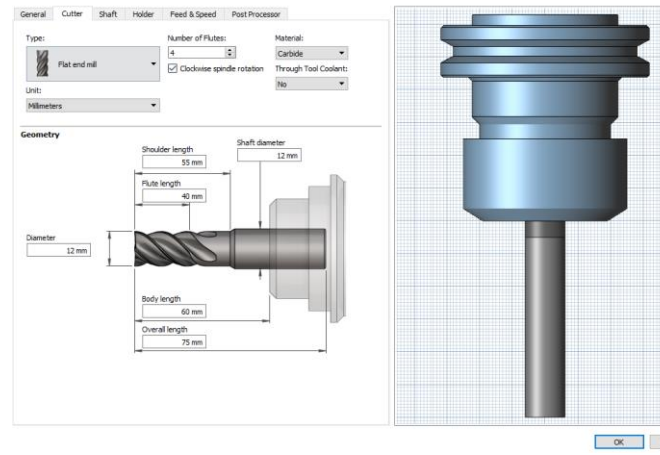
Dış çevre kaba işleme yükseklik değerlerini seçmek.	
Dış çevre kaba işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	
Havuz kaba işleme yapmak	Ø6 End mill takımı Havuzu kaba işlemek için seçiniz.
Kesici seçimi yapmak	

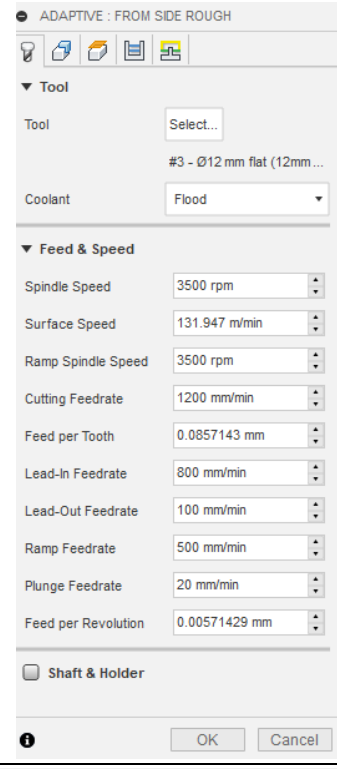
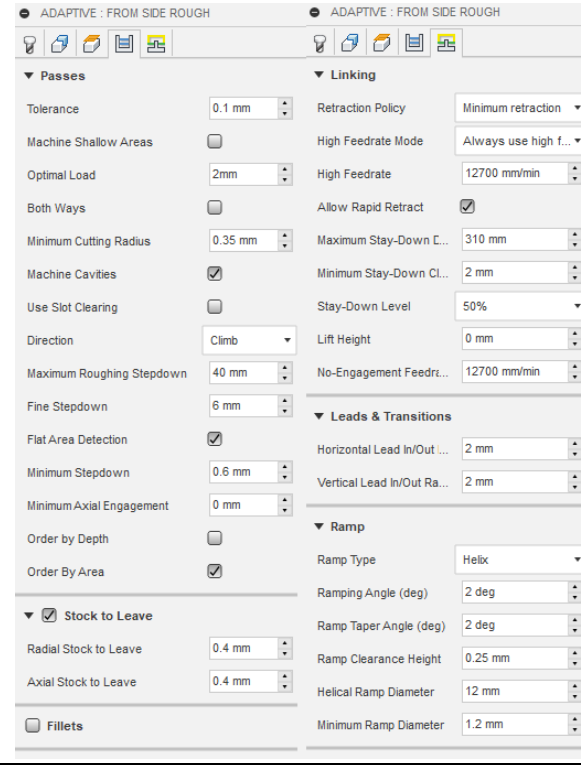
Havuz kaba işleme için kesici takım kesme parametrelerini girmek.	
Havuz kaba işleme için kesme değerlerini ve geçişleri seçmek.	

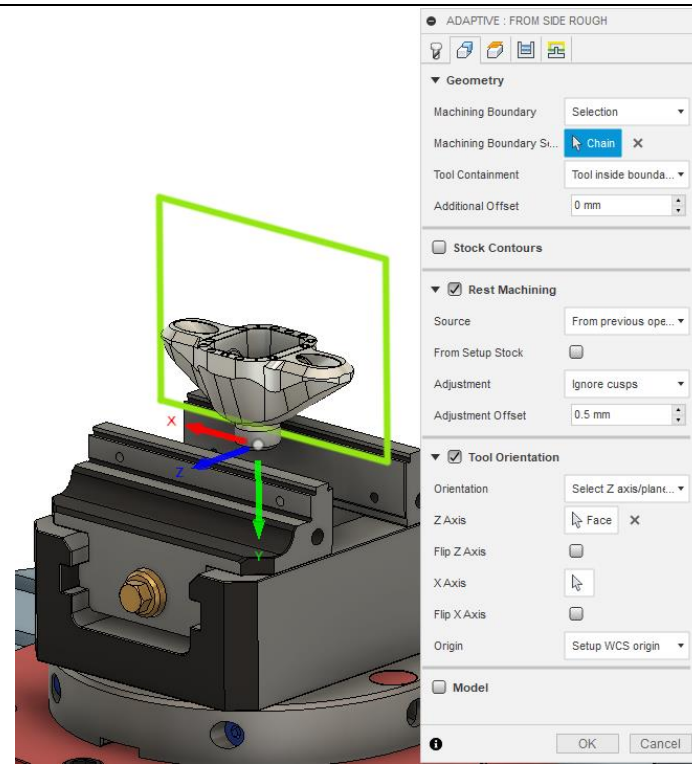
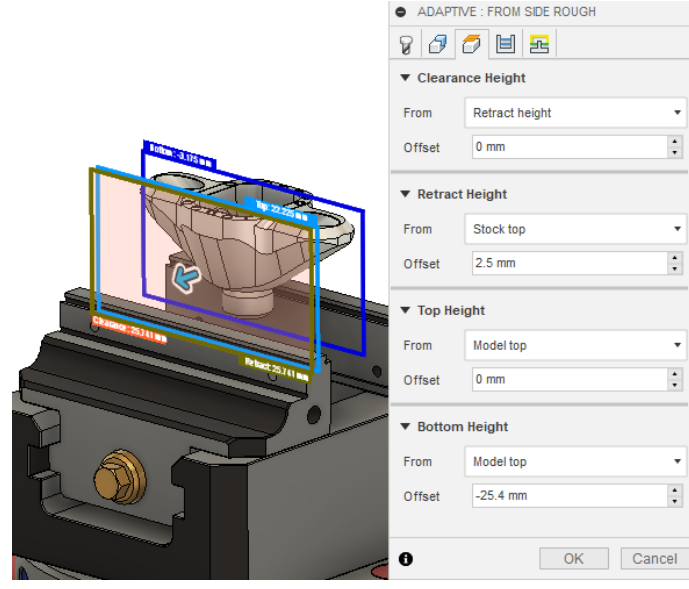
Havuz kaba işlemi için geometri seçimi yapmak.	
Havuz kaba işleme yükseklik değerlerini seçmek.	
Havuz kaba işleme operasyonu takımyollarını ve işlem zamanını görmek.	

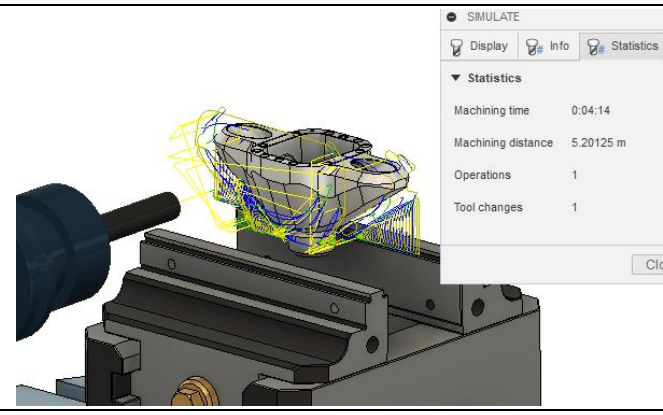
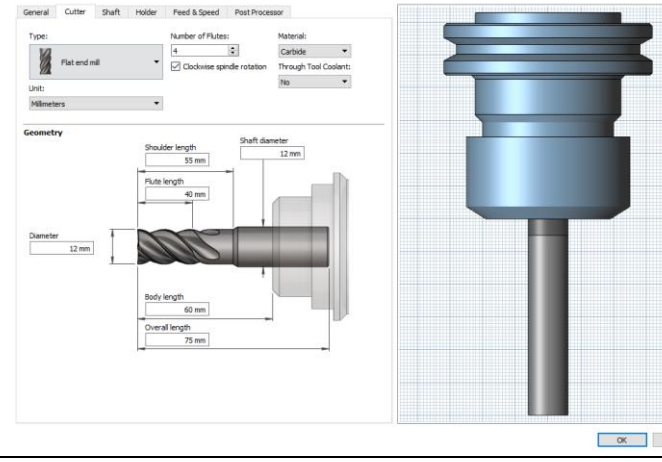
Dış duvar kenarlarını işlemek	Ø12 Düz freze (End mill) takımını dış duvar kenarlarını işlemek için seçiniz.
Kesici seçimi yapmak	
Dış duvar kenarlarını işlemek için kesici takım kesme parametrelerini girmek.	

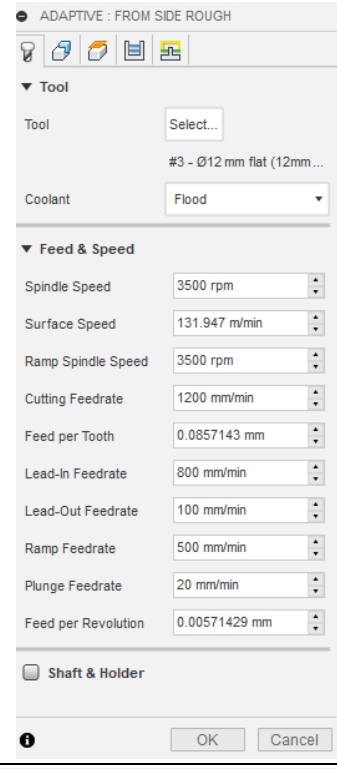
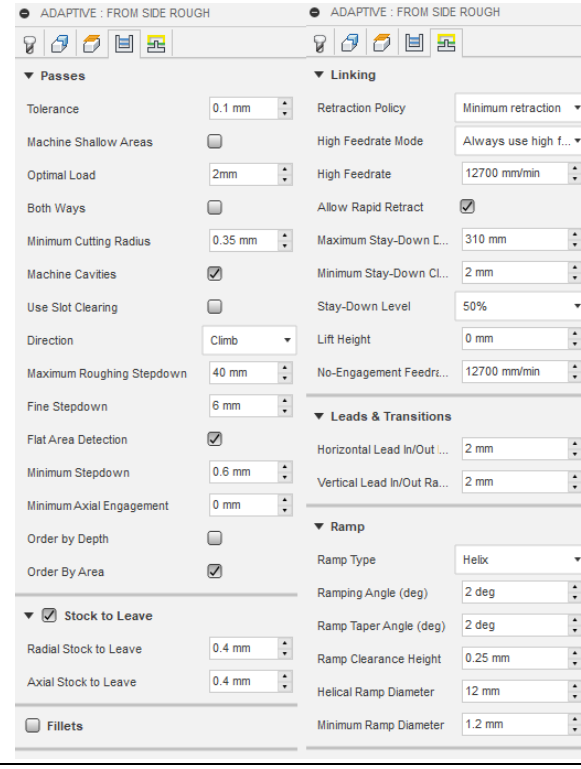
Dış duvar kenarlarını işlemek için kesme değerlerini ve geçişleri seçmek.	
Dış duvar kenarlarını işlemek için geometri seçimi yapmak.	

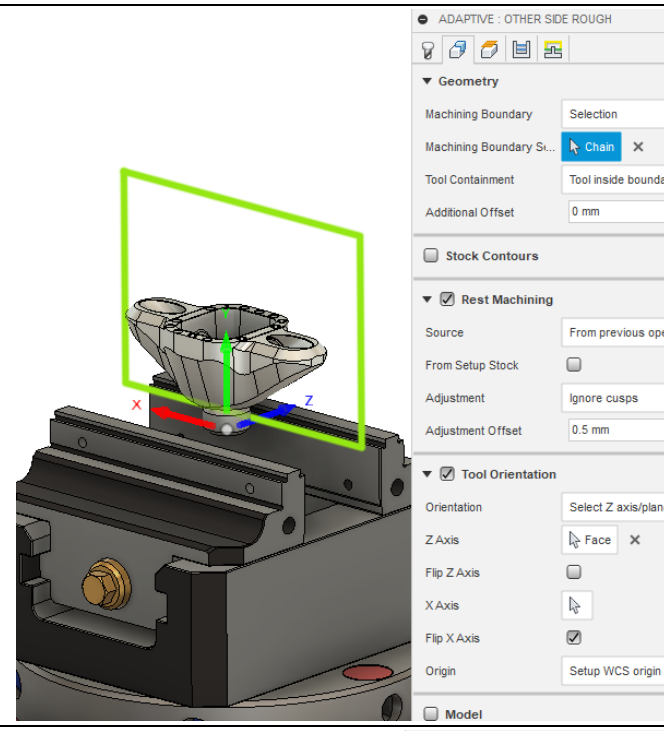
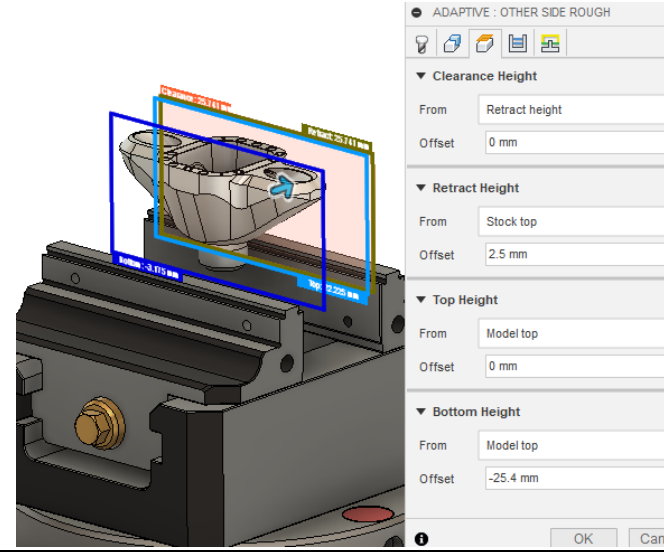
Dış duvar kenarlarını işlemek yükseklik değerlerini seçmek.	
Dış duvar kenarlarını işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	
Yan yüzeye kaba işleme yapmak	Ø12 End mill kaba işlem yapmak için takım kütüphanesinden seçiniz.
Kesici seçimi yapmak.	

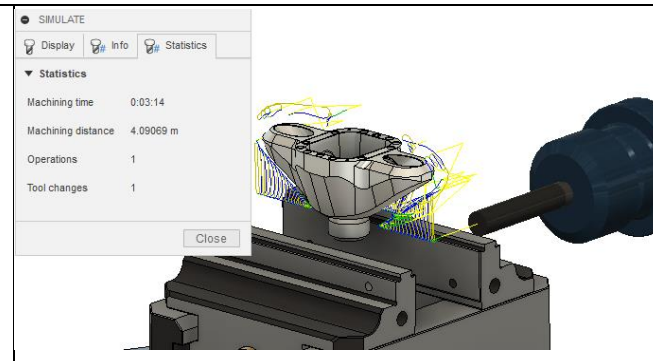
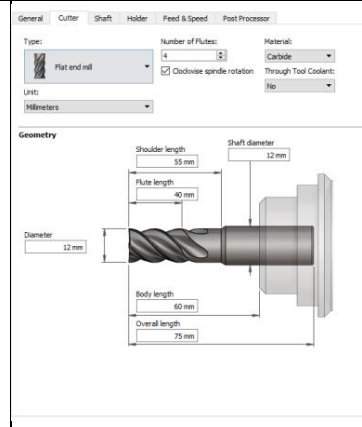
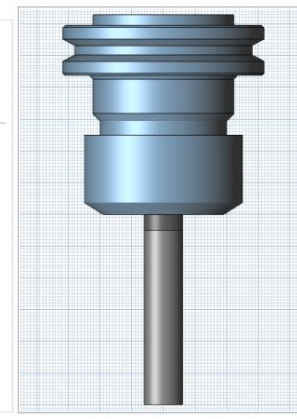
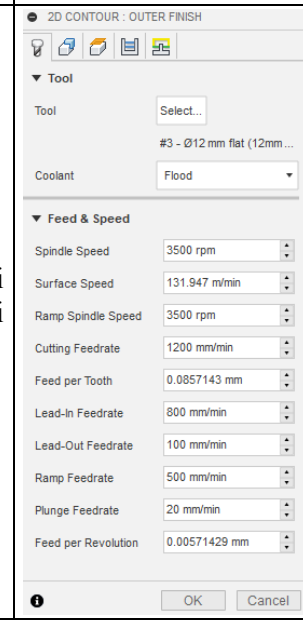
Yan yüzeyi kaba işlemek için kesici takım kesme parametrelerini girmek.	
Yan yüzeyi kaba işlemek için kesme değerlerini ve geçişleri seçmek.	

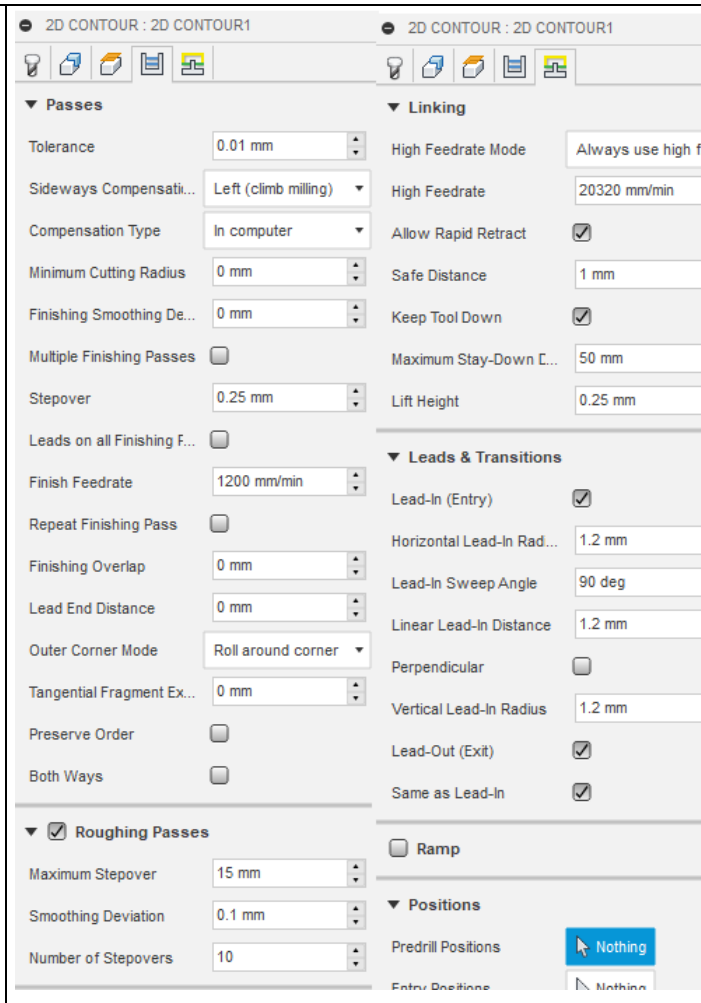
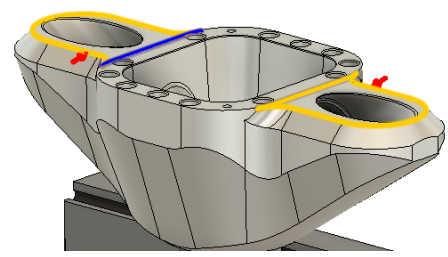
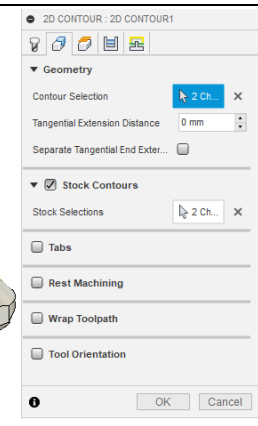
Yan yüzeyi kaba işlemek için geometri seçimi ve Kesici takım pozisyonu konumlaması yapmak.	
Yan yüzeyi kaba işlemek için yükseklik değerlerini seçmek.	

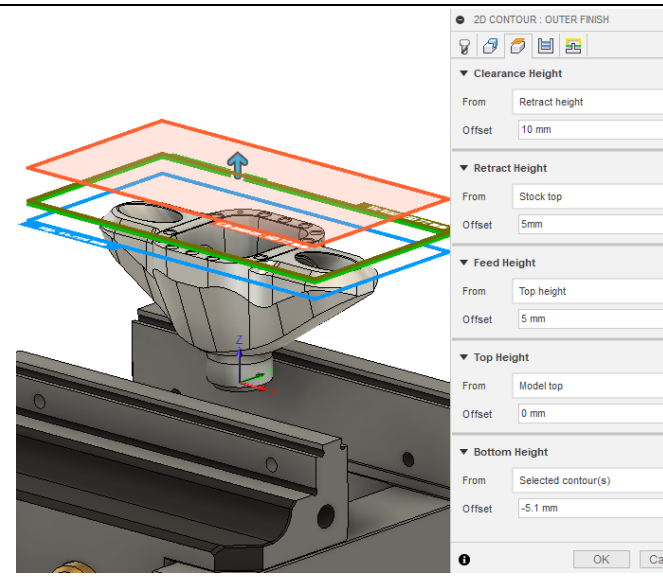
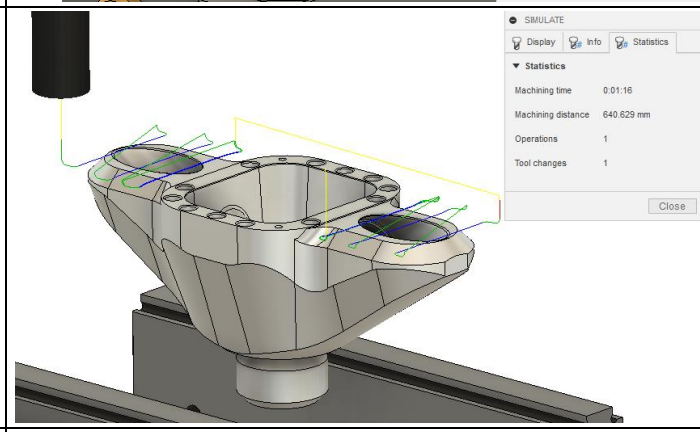
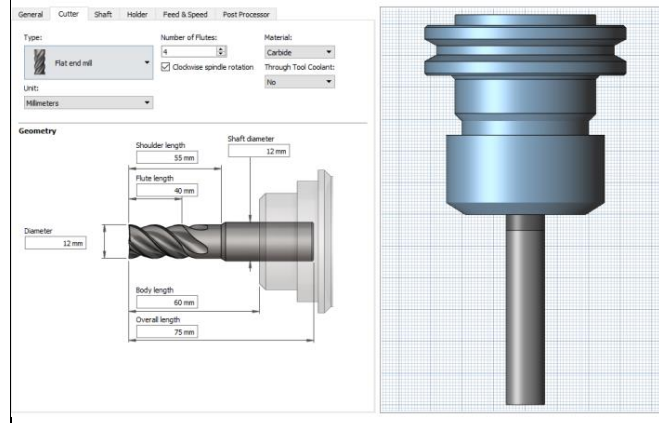
Yan yüzey kaba işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	
Dieğer Yan yüzeye kaba işleme yapmak	Ø12 End mill kaba işlem yapmak için takım kütüphanesinden seçiniz.
Kesici seçimi yapmak.	

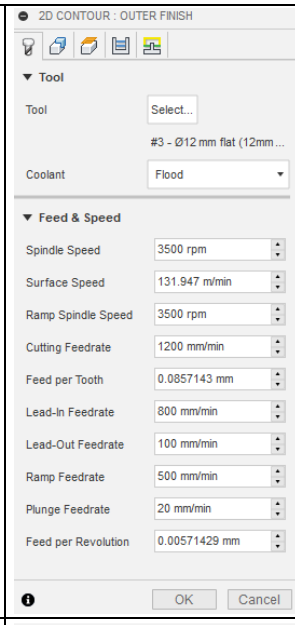
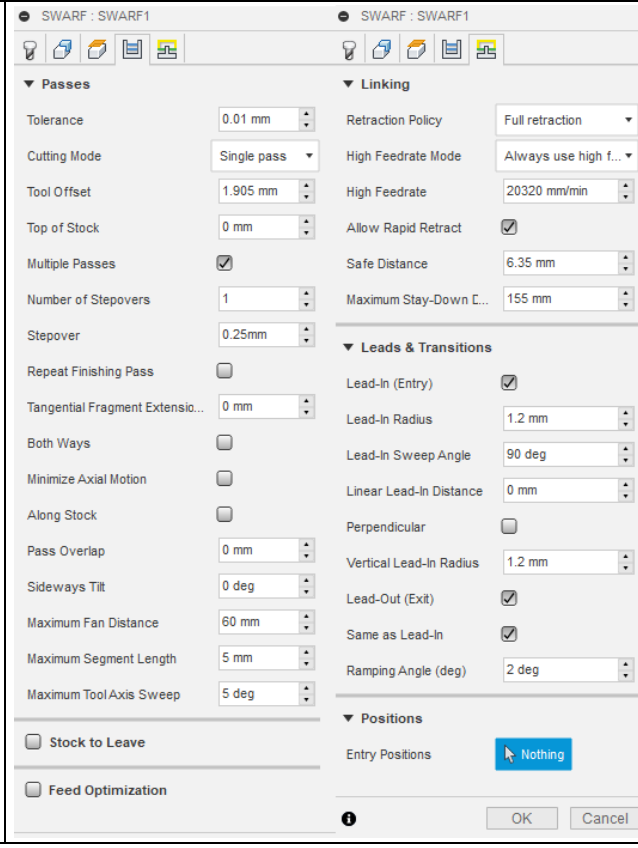
Diğer yan yüzeyi kaba işlemek için kesici takım kesme parametrelerini girmek.	
Diğer yan yüzeyi kaba işlemek için kesme değerlerini ve geçişleri seçmek.	

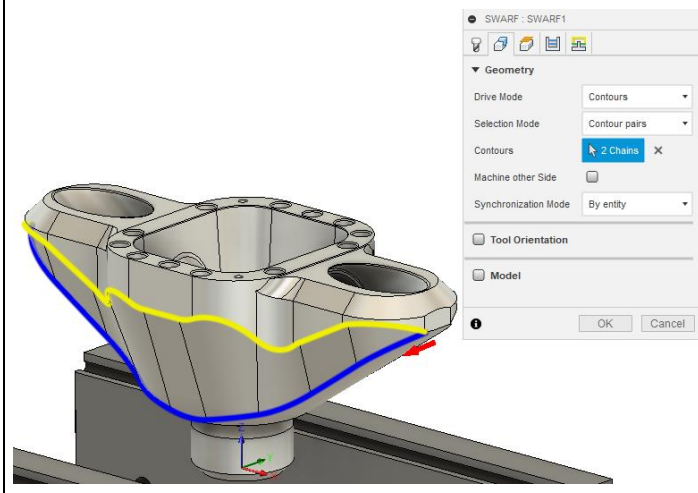
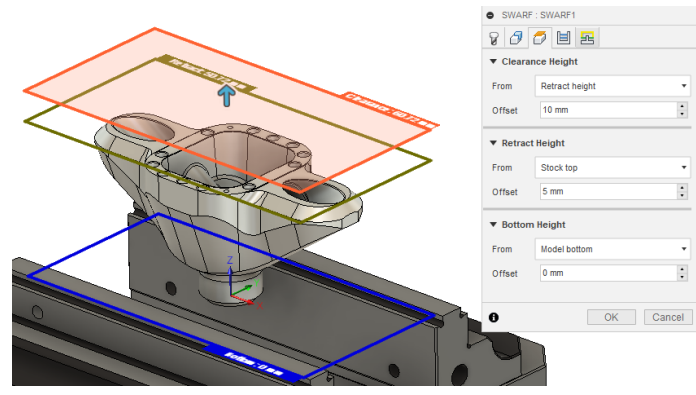
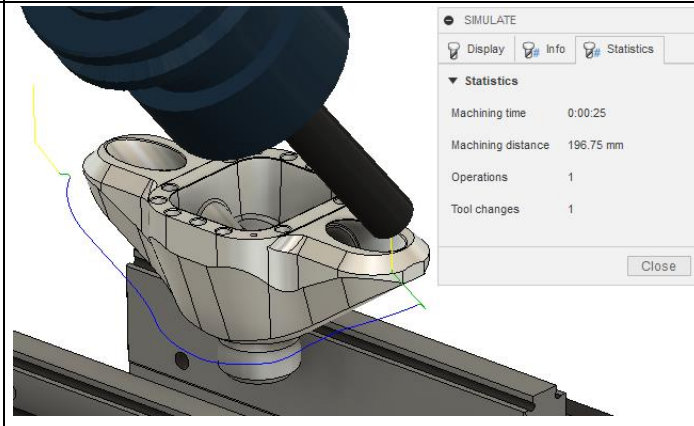
Diğer yan yüzeyi kaba işlemek için geometri seçimi ve Kesici takım pozisyonu konumlaması yapmak.	
Diğer yan yüzeyi kaba işlemek için yükseklik değerlerini seçmek.	

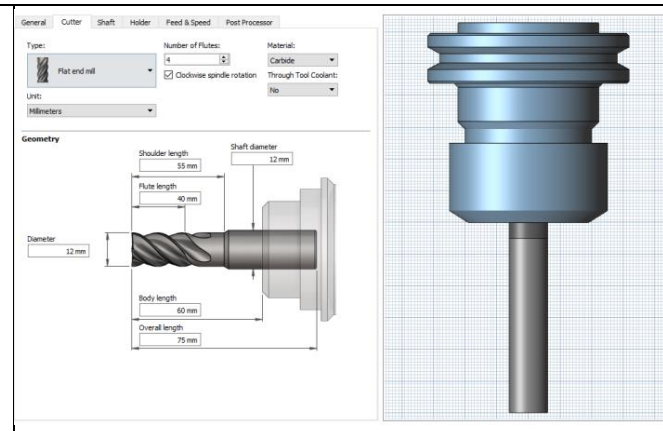
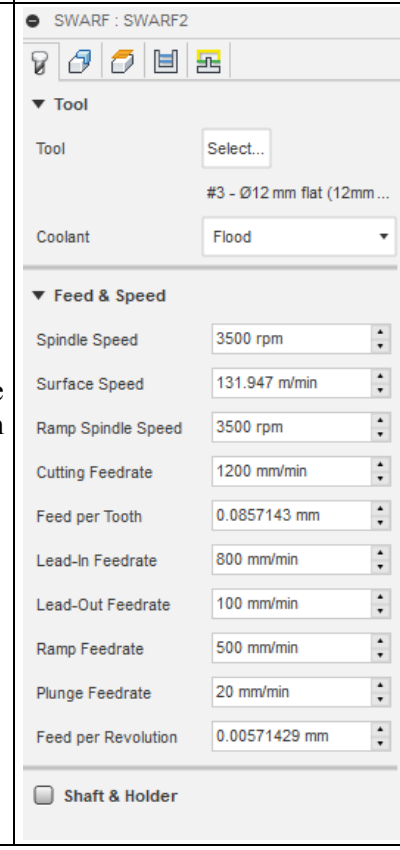
Diğer yan yüzey kaba işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	
Üst yüzeye son işleme yapmak	Ø12 Düz freze (End mill) takımını dış duvar kenarlarını işlemek için seçiniz.
Kesici seçimi yapmak	 
Üst yüzey son işleme için kesici takım kesme parametrelerini girmek.	

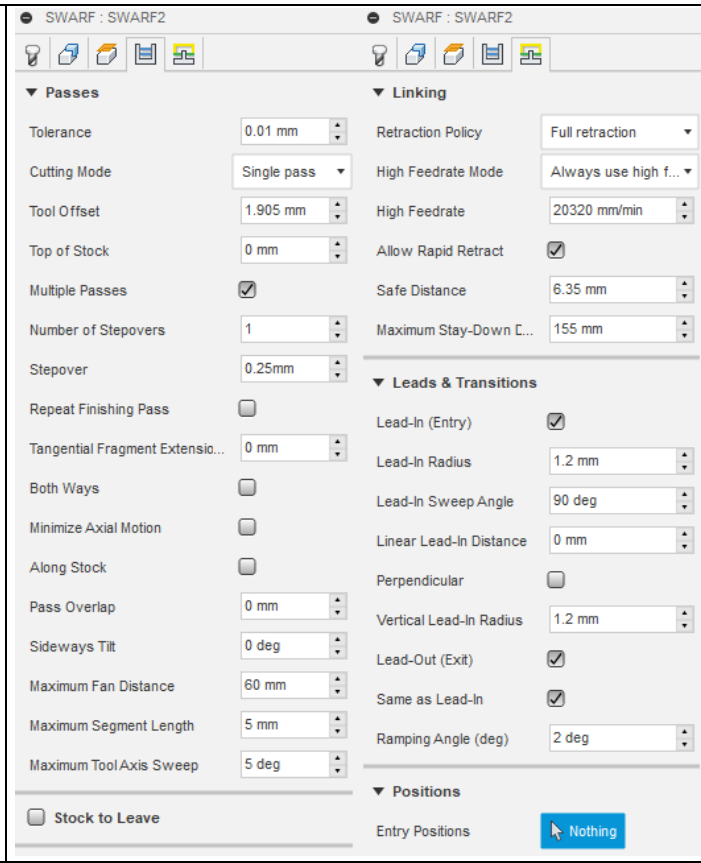
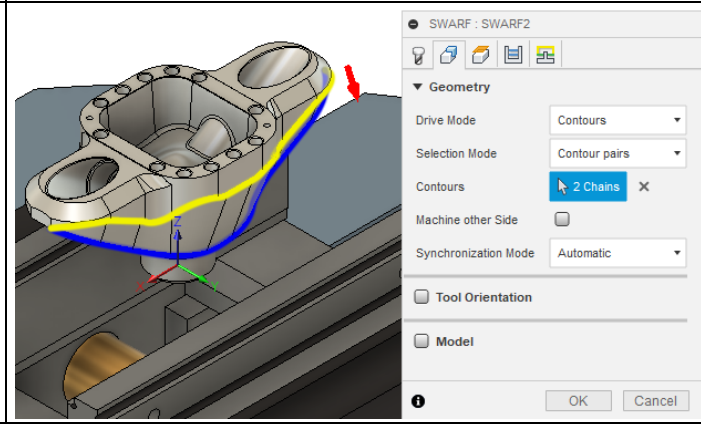
Üst yüzey son işleme için kesme değerlerini ve geçişleri seçmek.	
Üst yüzey son işleme için geometri seçimi yapmak.	 

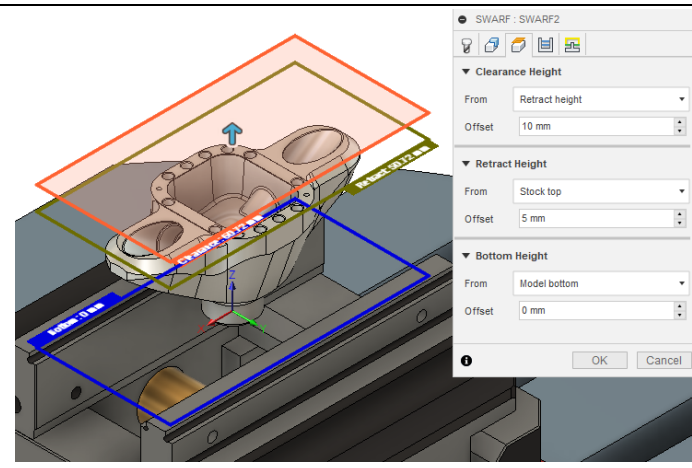
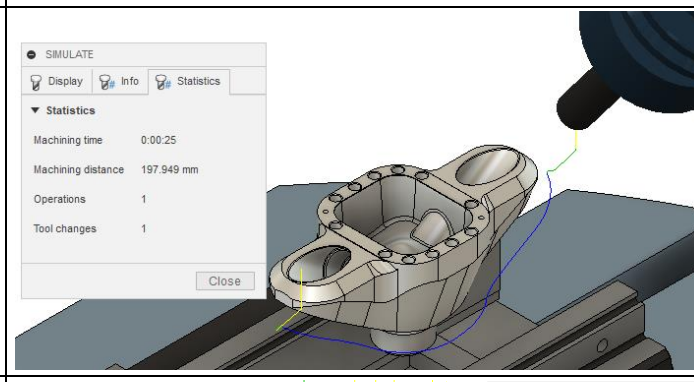
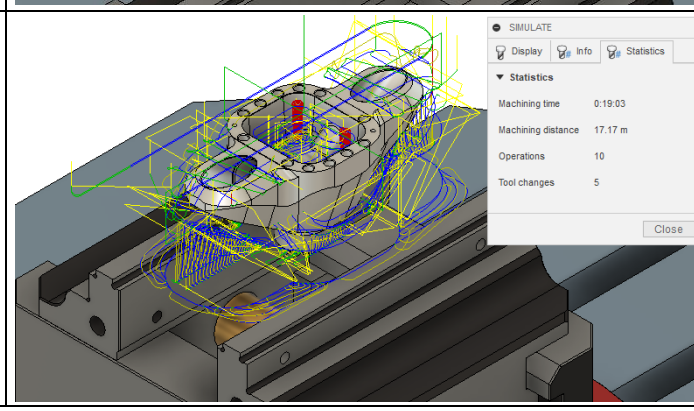
Üst yüzey son işleme için yükseklik değerlerini seçmek.	
Üst yüzey son işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	
Yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme yapmak	Ø12 Düz freze (End mill) takımını dış duvar kenarlarını işlemek için seçiniz.
Kesici seçimi yapmak	

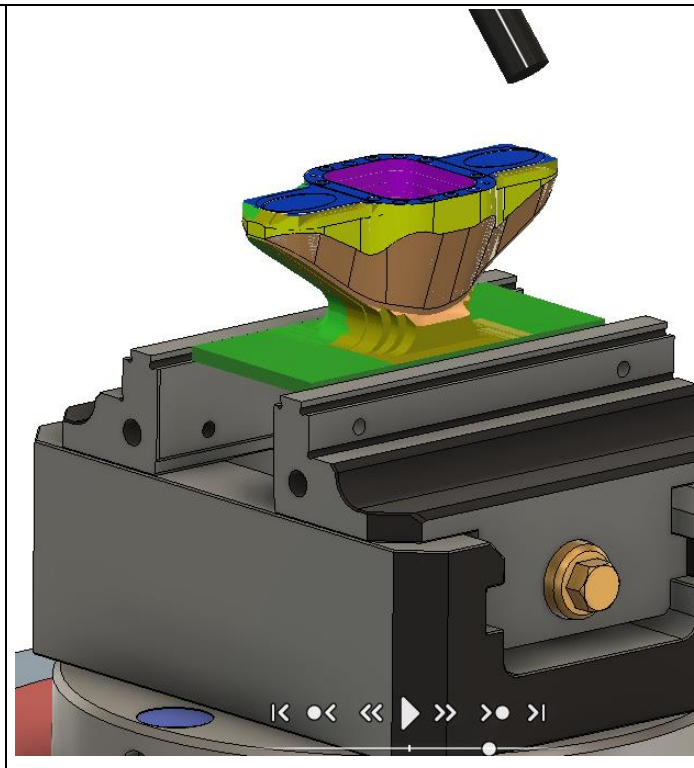
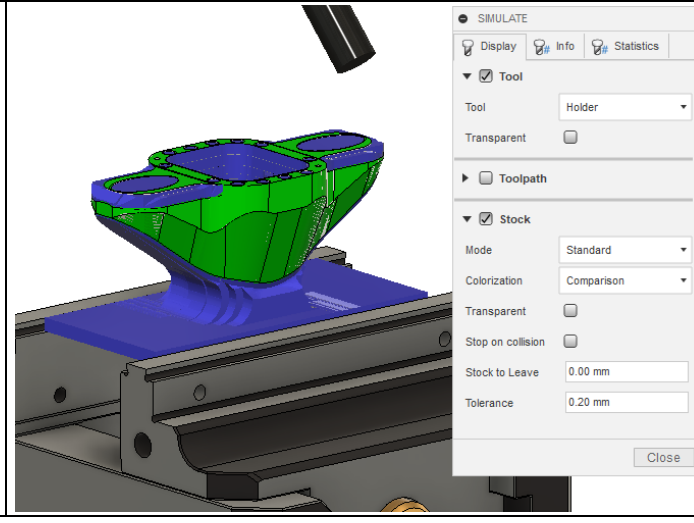
Yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile işleme için kesici takım kesme parametrelerini girmek.	
Yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme için kesme değerlerini ve geçişleri seçmek.	

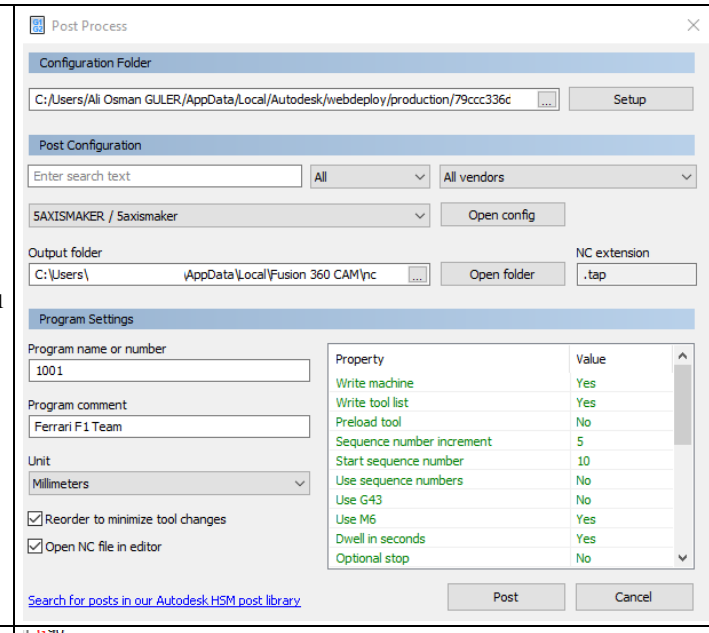
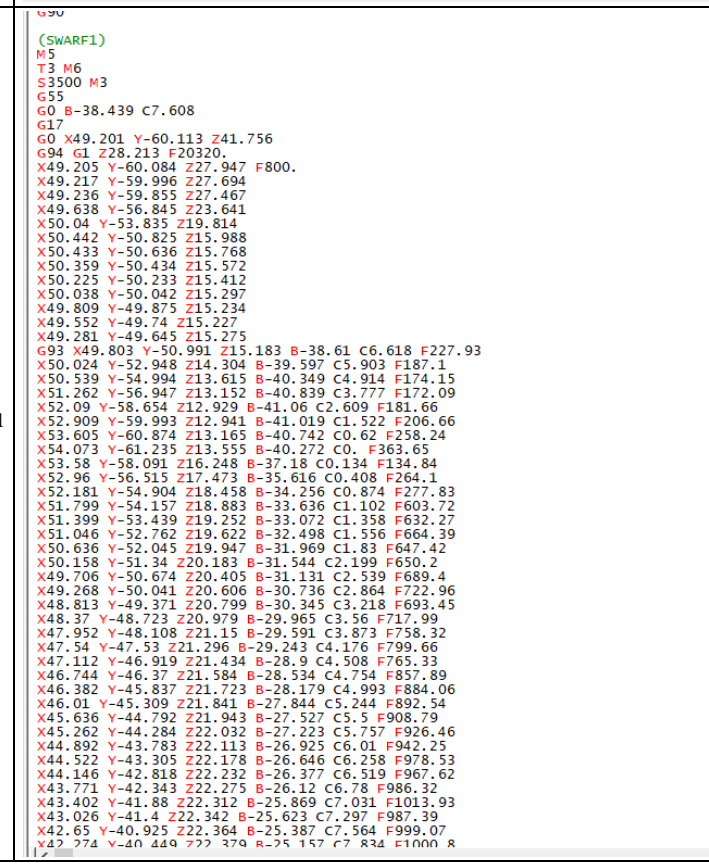
Yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme için geometri seçimi yapmak.	
Yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme için yükseklik değerlerini seçmek.	
Yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	
Diğer yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme yapmak	Ø12 Düz freze (End mill) takımını dış duvar kenarlarını işlemek için seçiniz.

Kesici seçimi yapmak	
Diğer yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile işleme için kesici takım kesme parametrelerini girmek.	

Diğer yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme için kesme değerlerini ve geçişleri seçmek.	
Diğer yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme için geometri seçimi yapmak.	

Diğer yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme için yükseklik değerlerini seçmek.	
Diğer yan yüzeye çok eksen işleme yöntemi ile son işleme operasyonu takımyolları ve işlem zamanını görmek.	
İşlenen parçanın oluşturulmuş bütün takımyollarını ve toplam işleme zamanını göremek.	

İşlenen parçanın oluşturulmuş bütün takımyollarının bezetimini görmek.	
İşlenen parça üzerinde kalan talaşı benzetimde görmek.	

İşlenen parçanın NC kodlarını türetmek.	
İşlenen Parçanın NC kodlarını incelemek.	

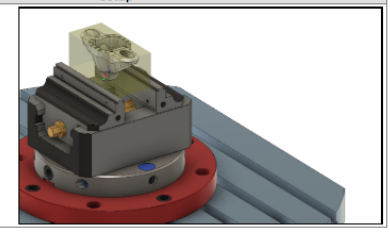
İşlenen Parçanın ayar sayfasını (Setup Sheet) çıkartmak.

Setup Sheet for Program 10001

Program Comment: AU Manifold 1st op
Job Description: Intake Manifold OP 1
Document Path: Multi-Axis Milling - Intake Valve_modul_5x v6

Setup

WCS: #1 #2
Program uses multiple WCS!
Stock:
DX: 100.08mm
DY: 46.48mm
DZ: 45.72mm
Part:
DX: 98.04mm
DY: 44.45mm
DZ: 44.7mm
Stock Lower in WCS #1:
X: -50.04mm
Y: -23.24mm
Z: 0mm
Stock Upper in WCS #1:
X: 50.04mm
Y: 23.24mm
Z: 45.72mm



Total

Number Of Operations: 10
Number Of Tools: 4
Tools: T1 T2 T3 T6
Maximum Feedrate: 20320mm/min
Maximum Spindle Speed: 9000rpm
Cutting Distance: 16122.15mm
Rapid Distance: 97.89mm
Estimated Cycle Time: 18m:1s

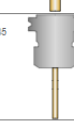
Tools

T1 D1 L1
Type: face mill
Diameter: 50mm
Length: 40.5mm
Flutes: 6
Description: 25mm Flat Endmill
Maximum Feed: 400mm/min
Maximum Spindle Speed: 1200rpm
Cutting Distance: 592mm
Rapid Distance: 54.04mm
Estimated Cycle Time: 1m:50s (10.2%)
Holder: Maritool CAT40-ER32-2.35
Vendor: Maritool
Product: CAT40-ER32-2.35

T2 D2 L2
Type: probe
Diameter: 6mm
Corner Radius: 3mm
Length: 53mm
Flutes: 1
Description: Renishaw OMP40-2 6mm x 50mm - Haas
Comment: Renishaw OMP40-2 6mm x 50mm - Haas
Vendor: Renishaw
Product: OMP40-2_A-5000-3709
Maximum Feed: 0mm/min
Maximum Spindle Speed: 1200rpm
Cutting Distance: 0mm
Rapid Distance: 0mm
Estimated Cycle Time: 0s (0%)

T3 D3 L3
Type: flat end mill
Diameter: 12mm
Length: 60mm
Flutes: 4
Description: 12mm Flat Endmill
Maximum Feed: 20320mm/min
Maximum Spindle Speed: 3500rpm
Cutting Distance: 12785.75mm
Rapid Distance: 43.85mm
Estimated Cycle Time: 11m:8s (61.8%)
Holder: Maritool CAT40-ER32-2.35
Vendor: Maritool
Product: CAT40-ER32-2.35

T6 D6 L6
Type: flat end mill
Diameter: 6mm
Length: 60mm
Flutes: 4
Description: 6mm Flat Endmill
Maximum Feed: 12700mm/min
Maximum Spindle Speed: 9000rpm
Cutting Distance: 2744.39mm
Rapid Distance: 0mm
Estimated Cycle Time: 4m:3s (22.5%)
Holder: Maritool CAT40-ER32-2.35
Vendor: Maritool
Product: CAT40-ER32-2.35



KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Parçayı Cam uygulama örnekleri kütüphanesinden çağırdınız mı?		
2. Setup sekmesini seçtiniz mi?		
3. Kütük oluşturmak için Setup menüsünden Stock Setup'ı seçtiniz mi?		
4. Kütük değerlerini belirtilen ölçüde girdiniz mi?		
5. Setup menüsünden iş parçasının sıfır noktasını belirlediniz mi?		
6. İş parçasının yüzeyini işlemek için Face komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
7. Ø50 Face mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
8. İş parçasının dış duvarlarını kaba işlemek için Adaptive Clearing komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
9. Ø12 End mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
10. İş parçasının Havuz kaba işlemini yapmak için Adaptive Clearing komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
11. Ø6 End mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
12. İş parçasını Dış duvar kenarlarını işlemek için 2D Contour komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
13. Ø12 End mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
14. Yan yüzeye kaba işleme yapmak için Adaptive Clearing komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
15. Ø12 End mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
16. Diğer yan yüzeye kaba işleme yapmak için Adaptive Clearing komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
17. Ø12 End mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
18. İş parçası üst yüzeye son işleme yapmak için 2D Contour komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
19. Ø12 End mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
20. Yan yüzeye çok eksen son işleme yapmak için SWARF komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		

21. Ø12 End mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
22. Diğer yan yüzeye çok eksen son işleme yapmak için SWARF komutunu seçerek, işlenecek geometrileri tanımladınız mı?		
23. Ø12 End mill takımı seçip gerekli talaş kaldırma paramertelerini tanımladınız mı?		
24. Benzetim yaparak takım yolalarını ve kalan talaş var mı yok mu kontrol ettiniz mi?		
25. Oluşturulan takım yollarının NC kodlarını türettiniz mi?		
26. İş parçasının yapılan işlemleri ile Ayar Sayfasını (Sheet Setup) çıkarttınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise **"Ölçme ve Değerlendirme"**ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME-3

1. Çok eksenli işlemelerde bütün eksenlerin aynı anda çalışması ile işlem yapması nasıl tanımlanır?

A) Multi Axis
B) Simultane
C) Five Axis
D) Indexing
E) Multi Flow

2. Operasyon içinde Yükseklikleri tanımlama işlemi hangi seçenekten yapılmaktadır?

A) Passes
B) Geometry
C) Height
D) Linking
E) Tool

3. Aşağıdaki işlemlerden hangisi yandan kesme takımyolları oluşturma işlemi operasyonunu ifade etmektedir?

A) Swarf
B) Flow
C) Multi-Axis Contour
D) Contour
E) Multi Flow

4. Aşağıdaki hangisi kesici takımın Parçaya yaklaşma ve takımyolunun bağlantı hareketleirni kontrol etmek için kullanılan seçenektir?

A) Passes
B) Linking
C) Geometry
D) Tool
E) Height

5. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi kesici takımın işleme yüzeyine konumlanması için kullanılan seçenektir?

A) Geometry
B) Use Multi-Axis
C) Tool Orientation
D) Drill
E) Tool Setup

6. Aşağıdaki işlemlerden yüzey üzerindeki veya yüzeylerin kenarlarındaki 3B eğri zincirlerini çok eksenli işlemek için kullanılan seçenektir?

A) Swarf
B) Flow
C) Contour
D) Multi-Axis Contour
E) Multi Axis Project

7. Takım esnemeleri nedeniyle kalabilecek fazla talaşları temizlemek için işlem tekrarı için hangi seçenek kullanılmaktadır?

A) Tool Offset
B) Repeat Finishing Passes
C) Stock to Leave
D) Smoothing
E) Tool Backslash

8. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi çok eksenli işlemeler esnasında kesici takımın yan yüzeye göre yatırılması gereken açıyo ifade etmektedir?

A) Minimum tilt
B) Forward tilt
C) Maximum fan distance
D) Sideway tilt
E) Tilt angle

9. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi Cutting mode seçeneklerinden değildir?

A) Trim impossible
B) Turn when impossible
C) Trim toolpath
D) Fail when impossible
E) Sideways compensation

10. İş parçası yüzeylerinin ISO parametrik yönleri doğrultusunda işlemeyi sağlayan çok eksenli işleme komutu hangisidir?

A) Flow
B) Swarf
C) Contour
D) Multi-Axis Contour
E) Contour from XY

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız.

Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz

CEVAP ANAHTARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	**D**
2	**A**
3	**D**
4	**A**
5	**B**
6	**A**
7	**D**
8	**C**
9	**B**
10	**D**

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**B**
2	**A**
3	**C**
4	**D**
5	**C**
6	**B**
7	**D**
8	**A**
9	**C**
10	**D**

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	**B**
2	**C**
3	**A**
4	**B**
5	**C**
6	**D**
7	**B**
8	**D**
9	**C**
10	**A**

KAYNAKÇA

- Getting started with Fusion 360
- Fusion 360 Creating Toolpaths and Programs (CAM)
- Fusion 360 blog https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog
- Tophane MTAL CAM ders notları